

第2回 和歌山県海岸保全基本計画 技術検討委員会 —説明資料—

令和7年3月18日(火)
和歌山県



目次



1. 将来の外力変化量の検討方針	3
2. 将来の設計外力(想定台風解析)	
2-1. 将来の潮位偏差の設定	9
2-2. 将来の設計高潮位の設定	19
2-3. 将来の設計波浪の設定	26
3. 将来の設計外力(不特定多数の台風解析)	35
4. 防護水準の検討	41
5. 将来の設計外力(津波)	49
6. 第2回技術検討委員会のまとめ	57

海岸保全基本計画変更に係るスケジュール(案)



実施項目	令和6年度(2024年度)									令和7年度(2025年度)											
	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
関係資料の収集・整理	→																				
検討方針の設定 ①気候変動影響の実態や傾向の把握 ②現行計画(防護水準)の整理 ③基本計画変更に向けた課題と検討項目の整理	→																				
気候変動を踏まえた計画外力の算定と防護性能の評価 ①高潮による浸水被害に対する防護水準 ②津波による浸水被害に対する防護水準 ③防護水準案の設定と現況海岸の評価			算定方法の設定、計算モデルの再現性検証	→ ・長期変化量の算定 ・設計津波の設定(3海岸) ・防護水準の検討(暫定値)								→ ・長期変化量の決定 ・設計津波の決定 ・防護水準の評価 ・海岸保全基本計画(案)									
海岸保全基本計画(変更素案)の作成																					
海岸保全基本計画(変更案)の作成																					
海岸保全基本計画(変更最終案)の作成																					
海岸保全基本計画(変更版)の策定																					
技術検討委員会(紀州灘・熊野灘 共)			●																		
関係機関への意見聴取			9/26																		
パブリックコメントの実施																					
関係機関縦覧(県報告示)																					
関係市町村長及び関係海岸管理者の確認																					

1. 将来の外力変化量の検討方針

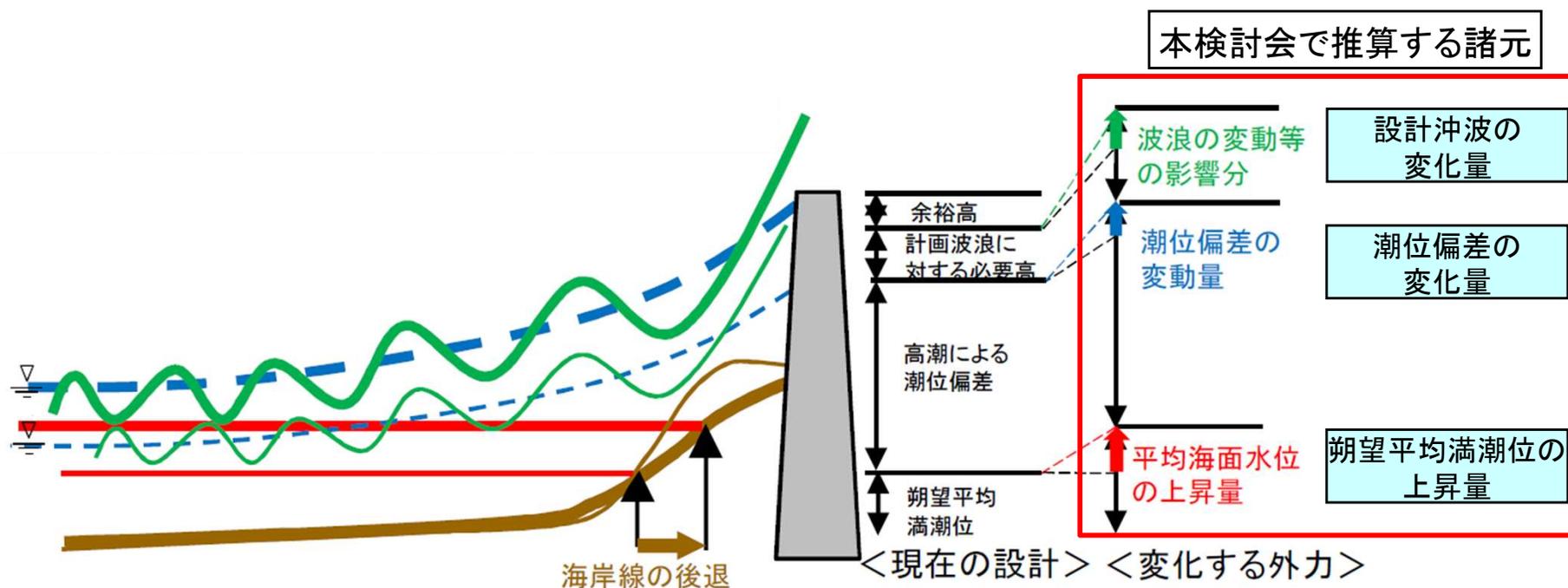
(第1回技術検討委員会での決定事項)





1-1. 取り扱う計画外力について

- 堤防・護岸等の海岸保全施設の設置目的は、海岸背後にある人命・資産を高潮、津波及び波浪から防護するとともに、陸域の侵食を防止することとされている(海岸保全施設の技術上の基準・同解説、p3-29)おり、一般的に天端高は下記の図に示すように、「朔望平均満潮位」、「潮位偏差」、「計画波浪に対する必要高」に余裕高を加味して設定されることが多い。
- 「気候変動を踏まえた海岸保全のあり方 提言」においては平均海面水位、高潮時の潮位偏差、波浪はすべて上昇若しくは増大するとされていることから、**取り扱う計画外力として、「朔望平均満潮位」、「潮位偏差」、「設計沖波」について、気候変動の影響を加味した推算を行うこととする。**



■ 取り扱う計画外力について

出典：気候変動を踏まえた海岸保全のあり方 提言、令和2年7月に一部加筆

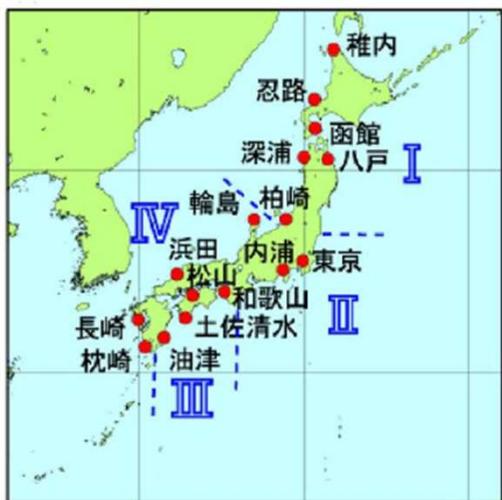


1-2. 将来の海面上昇量の設定

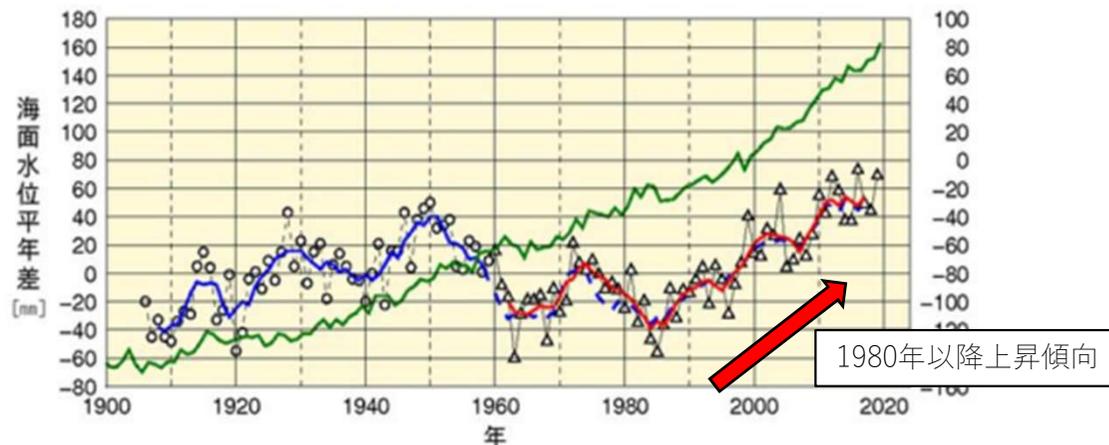
- 「気候変動の影響を踏まえた海岸保全施設の計画外力の設定方法等について(海岸4省庁)」にて参照されている「日本の気候変動2020(文部科学省・気象庁、令和2年12月)」に基づき、気候変動を踏まえた将来の海面上昇量を設定する。
- 和歌山県沿岸の属する領域Ⅲの2°C上昇シナリオでは、**海面上昇量+0.39m(+4.1mm/year)**が設定されている。
- なお、「日本の気候変動2025(文部科学省・気象庁)」が「気候変動に関する懇談会」で検討が進められていることから、防護水準の設定においては、今後、これらの検討成果を取り込んだ検討が必要となる可能性がある。

■ 20世紀末(1986~2005年平均)と比べた21世紀末(2081~2100年平均)における海面上昇量

シナリオ	日本沿岸の平均海面水位の上昇量			
	領域Ⅰ 北海道・東北地方	領域Ⅱ 関東・東海地方	領域Ⅲ 近畿~九州地方 太平洋側沿岸	領域Ⅳ 北陸地方から九州地方 日本海側沿岸
2°C上昇シナリオ (RCP2.6)	0.38m (0.22~0.55m)	0.38m (0.21~0.55m)	0.39m (0.22~0.56m)	0.39m (0.23~0.55m)
4°C上昇シナリオ (RCP8.5)	0.70m (0.45~0.95m)	0.70m (0.45~0.95m)	0.74m (0.47~1.00m)	0.73m (0.47~0.98m)



日本沿岸の海面水位の推移 (1906年~2019年)



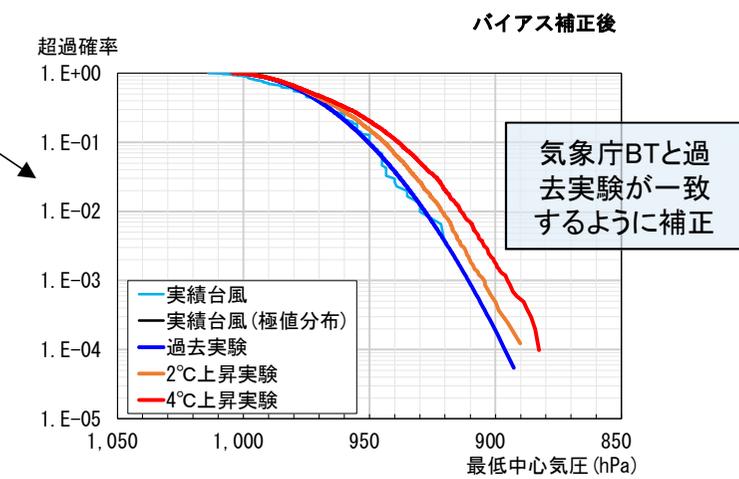
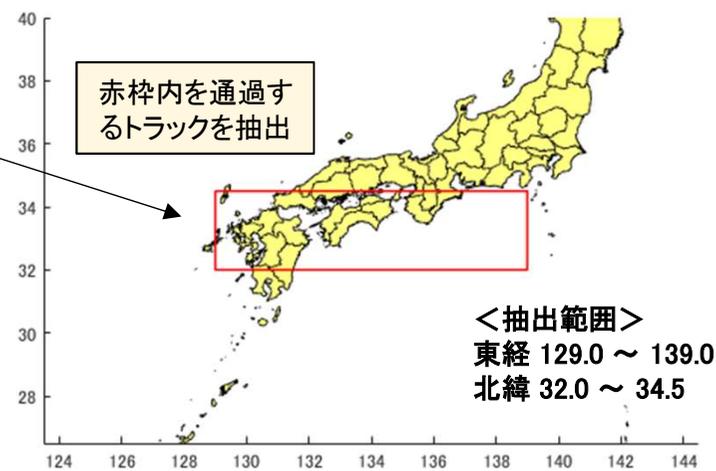
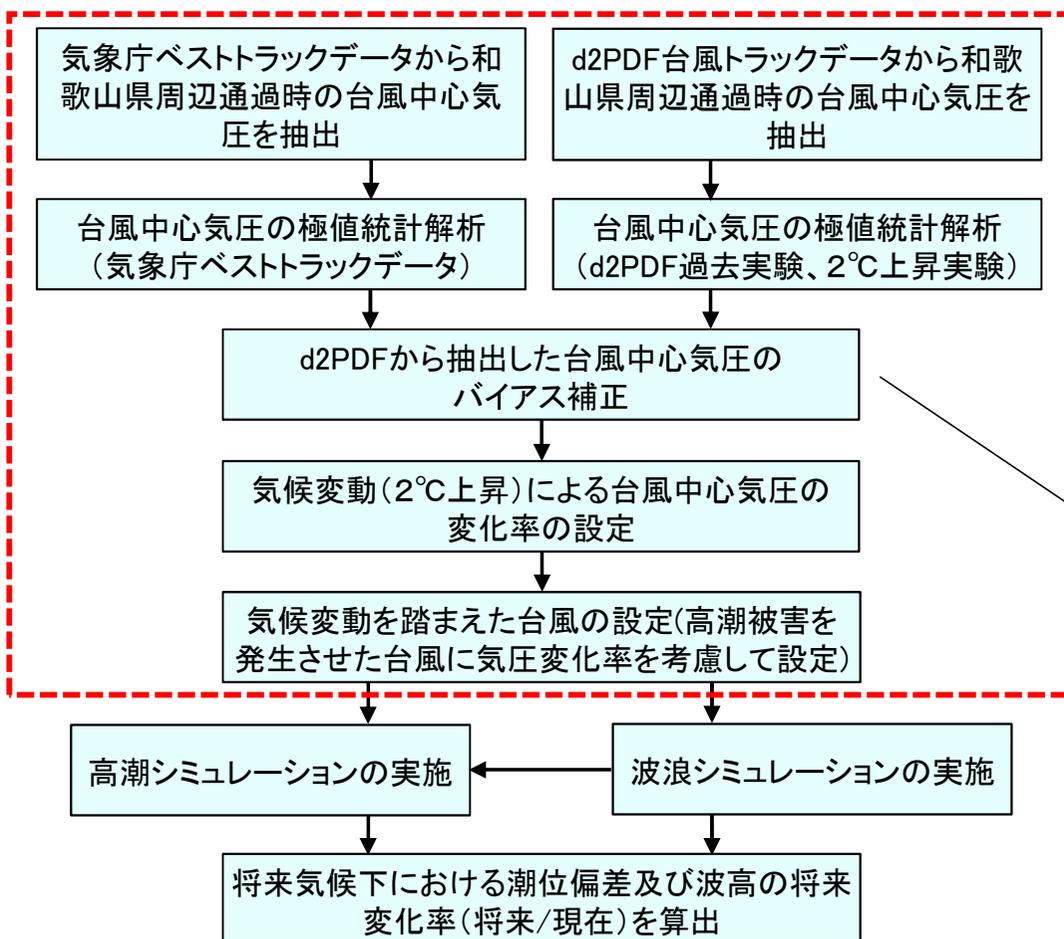
出典:「日本の気候変動2020(文部科学省・気象庁 令和2年12月)」

1-3. 将来の潮位偏差・波高増大量の算出方法



気候変動を踏まえた潮位偏差・設計波浪の設定に向けた検討方針(A-1(想定台風解析))

- 将来気候下において、設定するモデル台風と同等の生起確率となる台風中心気圧を設定し、現在気候と将来気候の高潮及び波浪のシミュレーションを実施する。
- 推算結果からそれぞれの将来変化率(将来/現在)を整理し、現在の潮位偏差もしくは設計波浪に将来変化率を乗じて将来気候下における値を算出する。



1-4. d4PDF/d2PDFを用いた外力変化量の推定



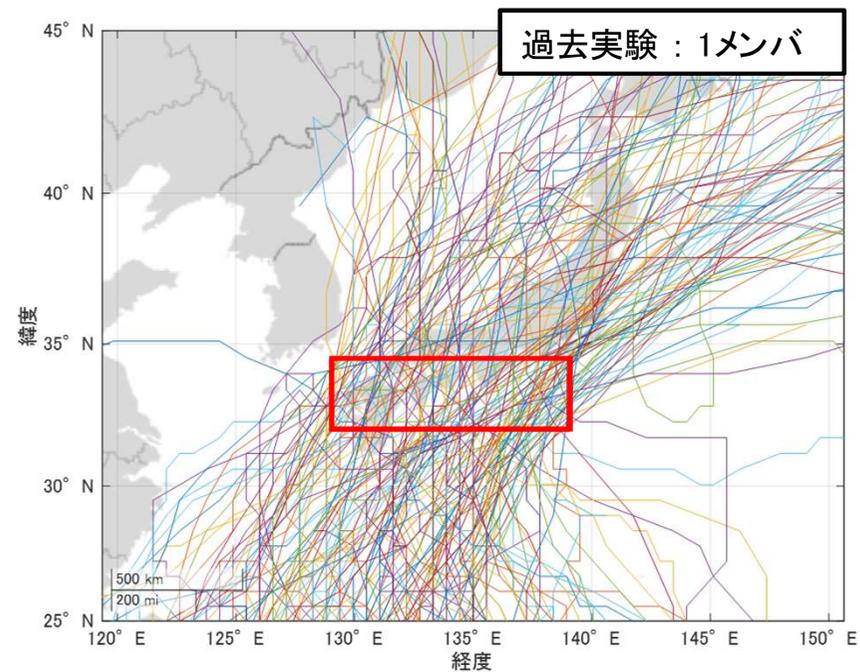
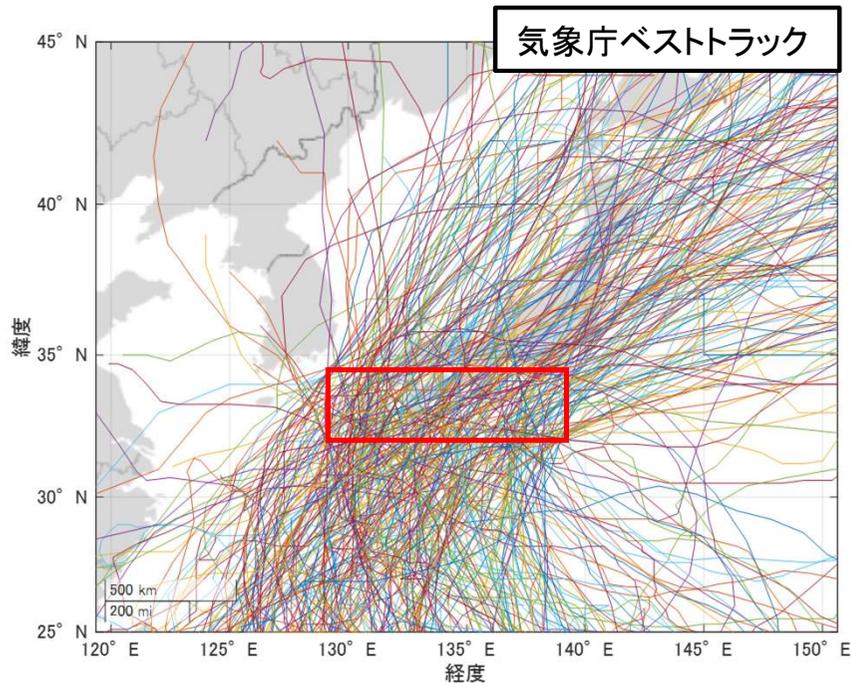
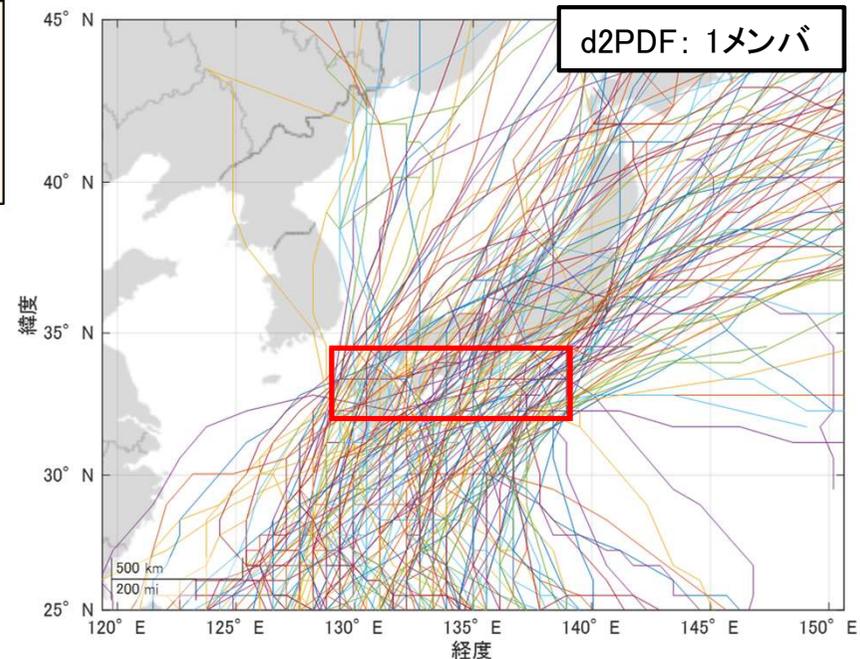
抽出結果および分析

- 気象庁ベストトラックと比較すると、2°C上昇実験では検討範囲通過台風の個数が減少している。

【台風抽出結果】

case2	気象庁 ベストトラック (実績台風)	d4PDF/d2PDF台風トラックデータ		
		過去実験	2°C上昇実験	4°C上昇実験
データ期間(年)	73	6000	3240	5400
抽出台風(個)	303	18473	8201	10154
年平均個数(個/年)	4.15	3.08	2.53	1.88

【検討範囲通過台風(赤枠抽出範囲)】



1-5. d4PDF/d2PDFを用いた外力変化量の推定

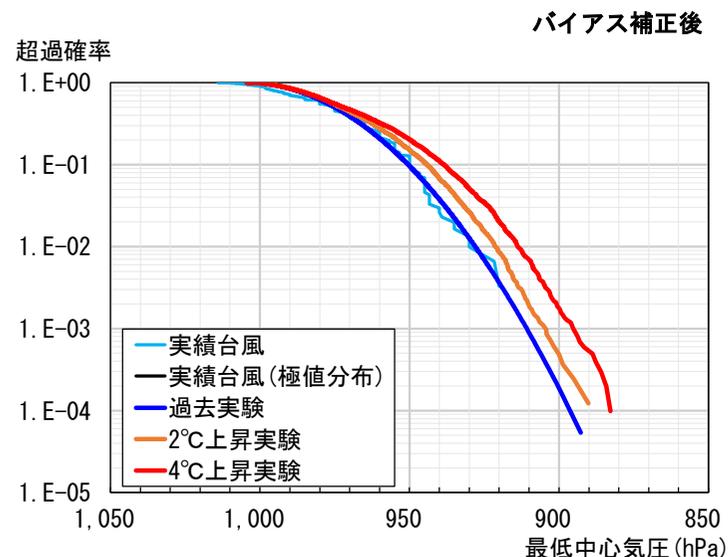
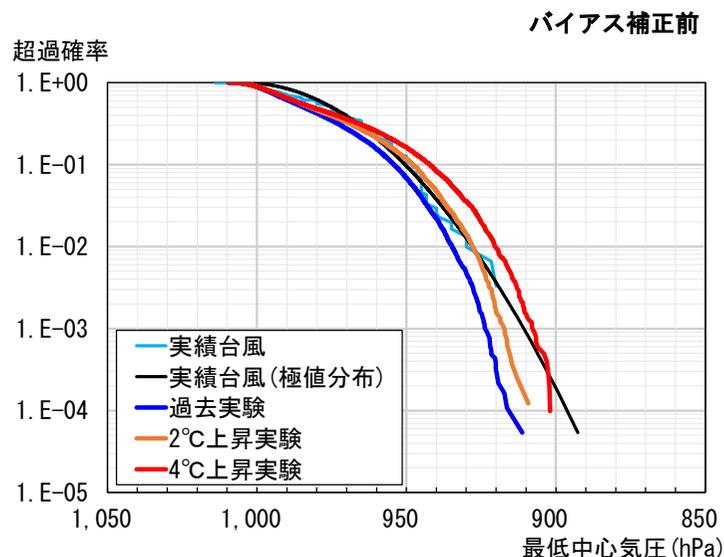


台風の最低中心気圧のバイアス補正

- d4PDFは高解像度なモデルによる数値実験結果であるものの、その格子幅よりも小さいスケールでの現象（例えば、台風の日やその中心気圧）は適切に表現できない。そのため、簡略化や近似して表現しており、数値実験結果から得られる気候の情報と現実の気候の情報には**ズレ(バイアス)**が生じる。
- バイアス補正によって、台風中心気圧を観測に基づく気象庁ベストトラックとd4PDFで一致、**台風の性質を実現象(現実)に近づける。**

【バイアス補正】

- 抽出範囲内の台風について、最低中心気圧に対する超過確率を整理(左図)
- 実績台風(気象庁ベストトラック)と過去実験のプロットに乖離が見られるため、以下の手順①~③に基づき、**最低中心気圧のバイアス補正**を実施(右図)
 - ①: 実績台風*と過去実験のプロットが一致するように中心気圧を補正。
 - ②: 「①」の結果に基づき、超過確率毎の中心気圧の補正倍率を算定。
 - ③: 「②」で算定した補正倍率を、2°C上昇実験と4°C上昇実験にも乗算。



2. 将来の設計外力(想定台風解析)

2-1. 将来の潮位偏差の設定



2-1-1. 気候変動を踏まえた計画外力の検討結果(潮位偏差)



TY5915(伊勢湾台風)

- d4PDFを用いた将来の台風の気圧低下を考慮し、高潮推算を実施した結果、最大偏差の差分は2°C上昇シナリオでは最大で0.07m、4°C上昇シナリオでは最大で0.13mとなった。

【潮位偏差】

※単位:メートル

	和歌山	海南	下津	御坊	白浜	日置	串本	浦神
現在気候	0.90	0.89	0.82	1.37	0.99	1.35	1.44	1.64
2°C上昇	0.93	0.92	0.85	1.42	1.03	1.42	1.51	1.66
4°C上昇	0.95	0.93	0.86	1.47	1.07	1.48	1.57	1.74

【潮位偏差の変化量(差分)】

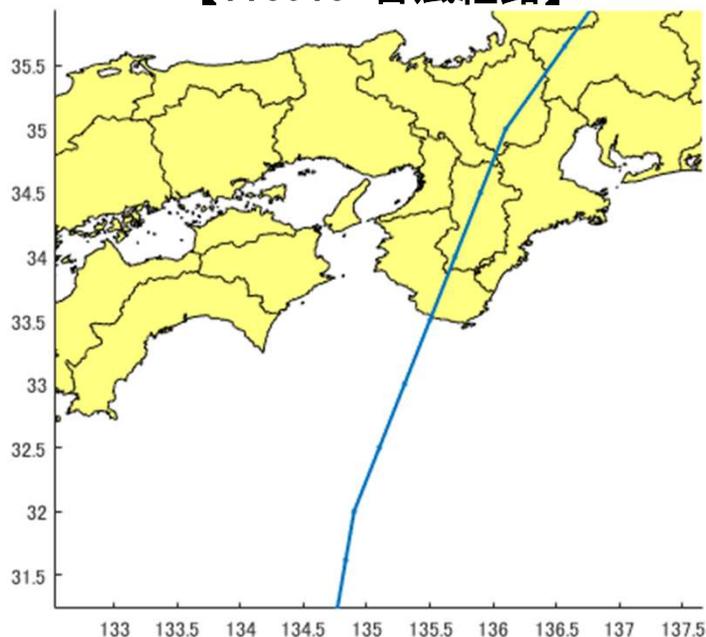
※単位:メートル

	和歌山	海南	下津	御坊	白浜	日置	串本	浦神
(2°C上昇)-(現在気候)	0.03	0.03	0.03	0.05	0.04	0.07	0.07	0.02
(4°C上昇)-(現在気候)	0.05	0.04	0.04	0.10	0.08	0.13	0.13	0.10

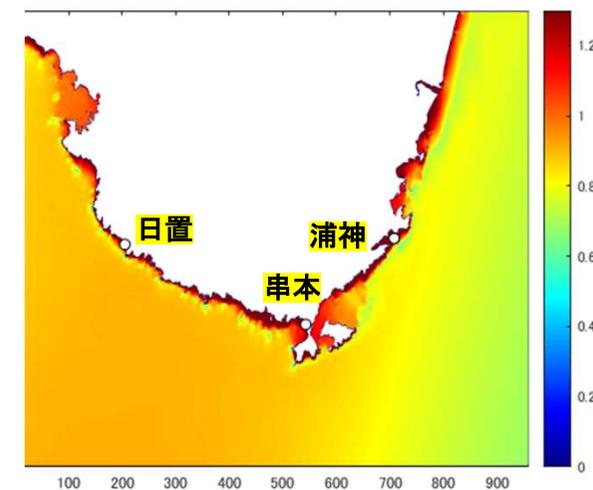
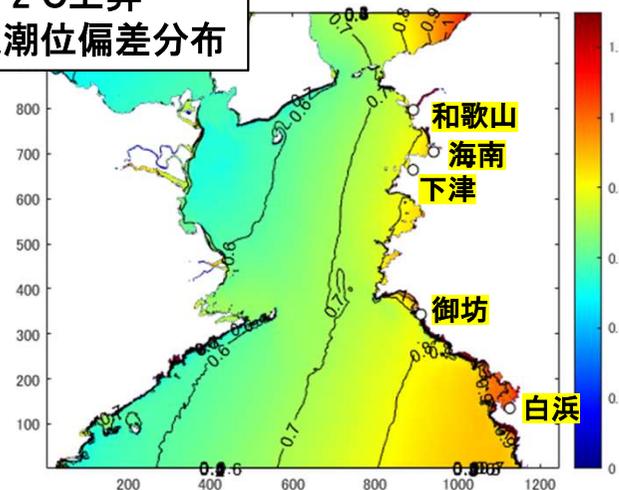
【潮位偏差の変化率(倍率)】

	和歌山	海南	下津	御坊	白浜	日置	串本	浦神
(2°C上昇)/(現在気候)	1.03	1.03	1.04	1.04	1.04	1.05	1.05	1.01
(4°C上昇)/(現在気候)	1.06	1.04	1.05	1.07	1.08	1.10	1.09	1.06

【TY5915 台風経路】



2°C上昇 最大潮位偏差分布



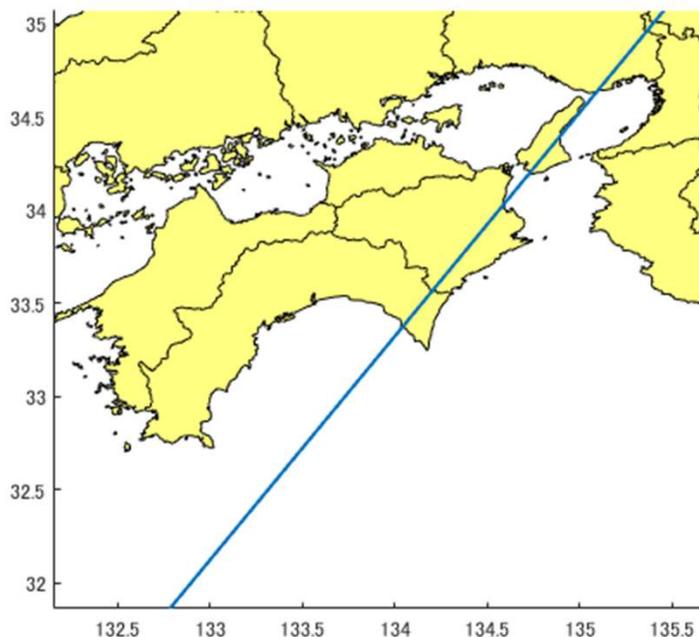
2-1-2. 気候変動を踏まえた計画外力の検討結果(潮位偏差)



TY6118(第二室戸台風)

- d4PDFを用いた将来の台風の気圧低下を考慮し、高潮推算を実施した結果、最大偏差の差分は2°C上昇シナリオでは最大で0.14m、4°C上昇シナリオでは最大で0.29mとなった。

【TY6118 台風経路】



【潮位偏差】

※単位:メートル

	和歌山	海南	下津	御坊	白浜	日置	串本	浦神
現在気候	1.92	1.56	1.33	1.83	0.65	1.10	1.10	0.31
2°C上昇	2.06	1.69	1.43	1.92	0.69	1.15	1.17	0.32
4°C上昇	2.21	1.82	1.53	2.01	0.73	1.20	1.27	0.35

【潮位偏差の変化量(差分)】

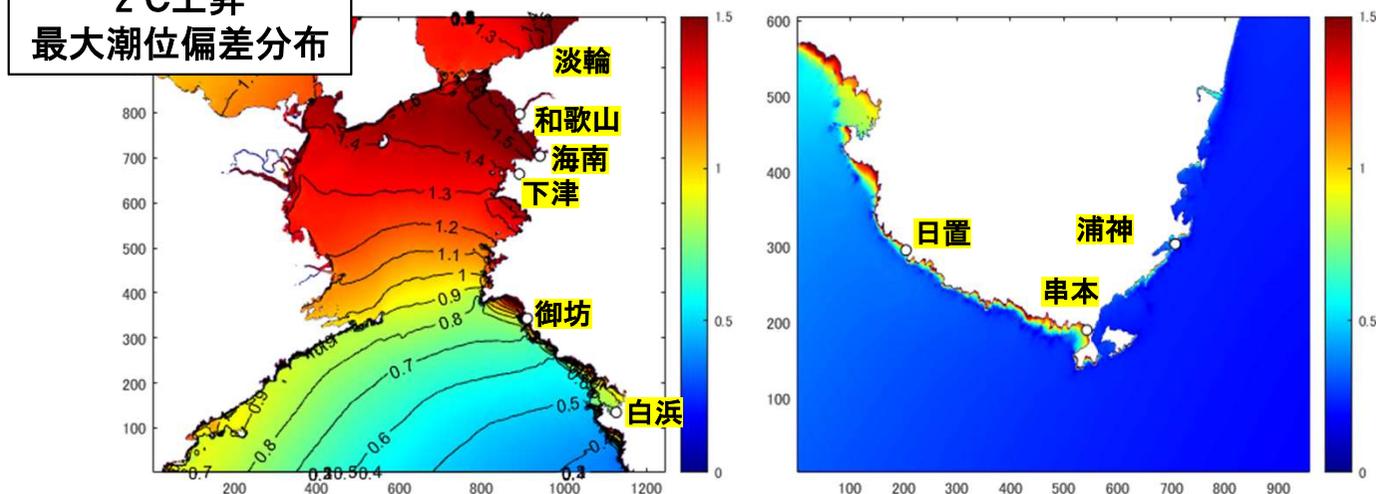
※単位:メートル

	和歌山	海南	下津	御坊	白浜	日置	串本	浦神
(2°C上昇)-(現在気候)	0.14	0.13	0.10	0.09	0.04	0.05	0.07	0.01
(4°C上昇)-(現在気候)	0.29	0.26	0.20	0.18	0.08	0.10	0.17	0.04

【潮位偏差の変化率(倍率)】

	和歌山	海南	下津	御坊	白浜	日置	串本	浦神
(2°C上昇)/(現在気候)	1.07	1.08	1.08	1.05	1.06	1.05	1.06	1.03
(4°C上昇)/(現在気候)	1.15	1.17	1.15	1.10	1.12	1.09	1.15	1.13

2°C上昇
最大潮位偏差分布



2-1-3. 気候変動を踏まえた計画外力の検討結果(潮位偏差)



TY7220

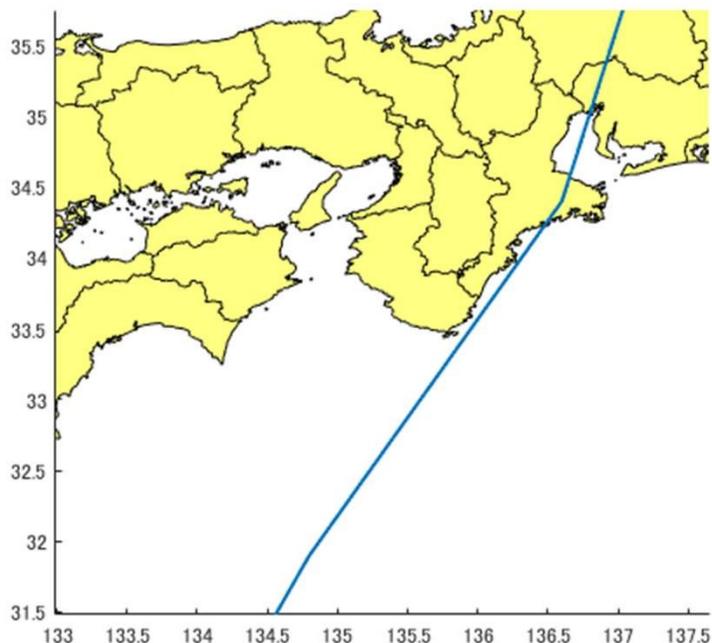
- d4PDFを用いた将来の台風の気圧低下を考慮し、高潮推算を実施した結果、最大偏差の差分は2°C上昇シナリオでは最大で0.06m、4°C上昇シナリオでは最大で0.09mとなった。

【潮位偏差】

※単位:メートル

	和歌山	海南	下津	御坊	白浜	日置	串本	浦神
現在気候	0.37	0.37	0.35	0.80	0.52	0.63	0.71	0.64
2°C上昇	0.40	0.40	0.37	0.84	0.56	0.68	0.77	0.70
4°C上昇	0.41	0.42	0.39	0.85	0.59	0.71	0.80	0.73

【TY7220 台風経路】



【潮位偏差の変化量(差分)】

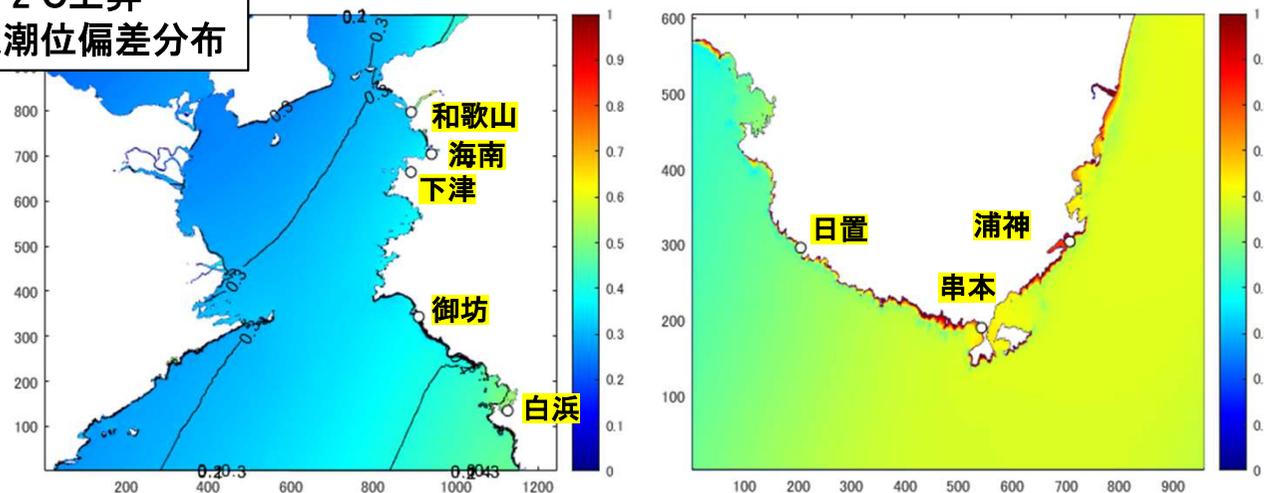
※単位:メートル

	和歌山	海南	下津	御坊	白浜	日置	串本	浦神
(2°C上昇)-(現在気候)	0.03	0.03	0.02	0.04	0.04	0.05	0.06	0.06
(4°C上昇)-(現在気候)	0.04	0.05	0.04	0.05	0.07	0.08	0.09	0.09

【潮位偏差の変化率(倍率)】

	和歌山	海南	下津	御坊	白浜	日置	串本	浦神
(2°C上昇)/(現在気候)	1.08	1.08	1.06	1.05	1.08	1.08	1.08	1.09
(4°C上昇)/(現在気候)	1.11	1.14	1.11	1.06	1.13	1.13	1.13	1.14

2°C上昇 最大潮位偏差分布



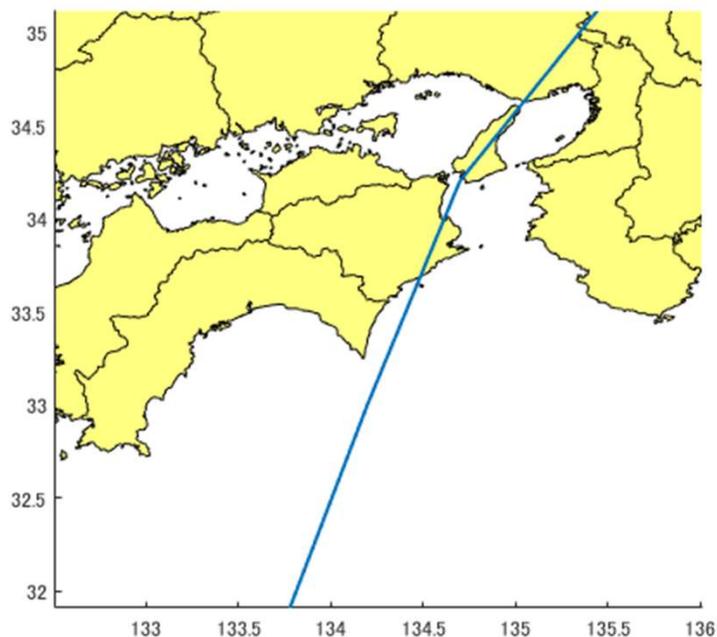
2-1-4. 気候変動を踏まえた計画外力の検討結果(潮位偏差)



TY7506

- d4PDFを用いた将来の台風の気圧低下を考慮し、高潮推算を実施した結果、最大偏差の差分は2℃上昇シナリオでは最大で0.06m、4℃上昇シナリオでは最大で0.10mとなった。

【TY7506 台風経路】



【潮位偏差】

※単位:メートル

	和歌山	海南	下津	御坊	白浜	日置	串本	浦神
現在気候	0.79	0.67	0.63	1.05	0.39	0.68	0.56	0.34
2℃上昇	0.85	0.72	0.67	1.11	0.42	0.73	0.60	0.36
4℃上昇	0.89	0.75	0.70	1.15	0.44	0.76	0.63	0.38

【潮位偏差の変化量(差分)】

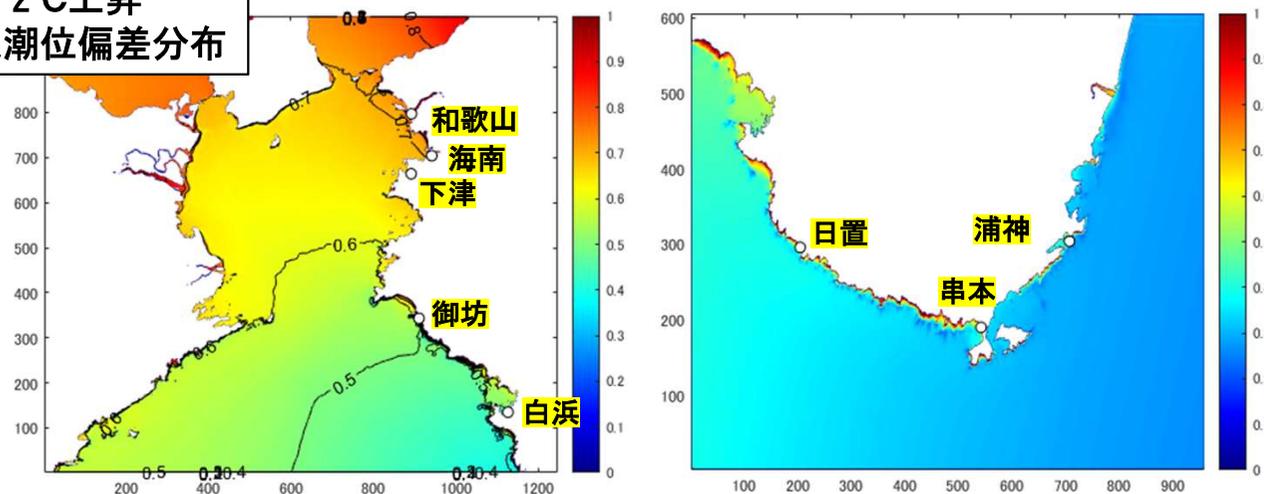
※単位:メートル

	和歌山	海南	下津	御坊	白浜	日置	串本	浦神
(2℃上昇)-(現在気候)	0.06	0.05	0.04	0.06	0.03	0.05	0.04	0.02
(4℃上昇)-(現在気候)	0.10	0.08	0.07	0.10	0.05	0.08	0.07	0.04

【潮位偏差の変化率(倍率)】

	和歌山	海南	下津	御坊	白浜	日置	串本	浦神
(2℃上昇)/(現在気候)	1.08	1.07	1.06	1.06	1.08	1.07	1.07	1.06
(4℃上昇)/(現在気候)	1.13	1.12	1.11	1.10	1.13	1.12	1.13	1.12

2℃上昇
最大潮位偏差分布



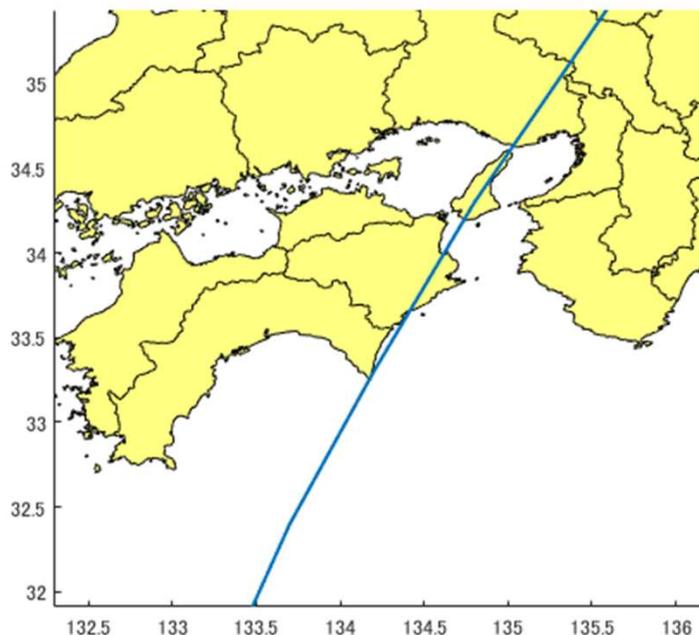
2-1-5. 気候変動を踏まえた計画外力の検討結果(潮位偏差)



TY1821

- d4PDFを用いた将来の台風の気圧低下を考慮し、高潮推算を実施した結果、最大偏差の差分は2°C上昇シナリオでは最大で0.20m、4°C上昇シナリオでは最大で0.34mとなった。

【TY1821 台風経路】



【潮位偏差】

※単位:メートル

	和歌山	海南	下津	御坊	白浜	日置	串本	浦神
現在気候	1.65	1.42	1.17	1.73	0.64	1.08	1.03	0.39
2°C上昇	1.85	1.61	1.33	1.89	0.76	1.22	1.20	0.49
4°C上昇	1.99	1.73	1.43	1.99	0.82	1.30	1.28	0.54

【潮位偏差の変化量(差分)】

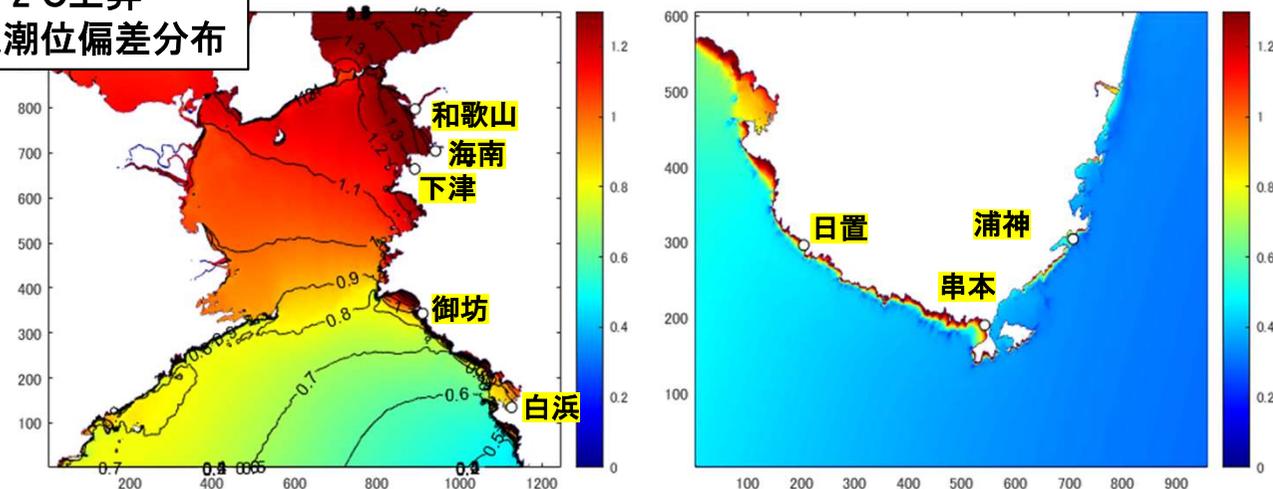
※単位:メートル

	和歌山	海南	下津	御坊	白浜	日置	串本	浦神
(2°C上昇)-(現在気候)	0.20	0.19	0.16	0.16	0.12	0.14	0.17	0.10
(4°C上昇)-(現在気候)	0.34	0.31	0.26	0.26	0.18	0.22	0.25	0.15

【潮位偏差の変化率(倍率)】

	和歌山	海南	下津	御坊	白浜	日置	串本	浦神
(2°C上昇)/(現在気候)	1.12	1.13	1.14	1.09	1.19	1.13	1.17	1.26
(4°C上昇)/(現在気候)	1.21	1.22	1.22	1.15	1.28	1.20	1.24	1.38

2°C上昇
最大潮位偏差分布



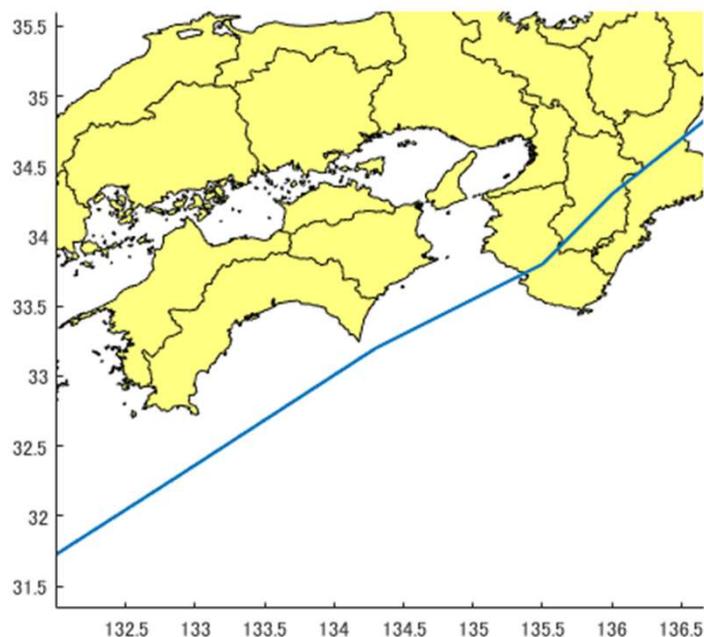
2-1-6. 気候変動を踏まえた計画外力の検討結果(潮位偏差)



TY1824

- d4PDFを用いた将来の台風の気圧低下を考慮し、高潮推算を実施した結果、最大偏差の差分は2°C上昇シナリオでは最大で0.15m、4°C上昇シナリオでは最大で0.24mとなった。

【TY1824 台風経路】



【潮位偏差】

※単位:メートル

	和歌山	海南	下津	御坊	白浜	日置	串本	浦神
現在気候	0.61	0.62	0.62	1.25	0.89	1.12	1.38	0.57
2°C上昇	0.67	0.68	0.68	1.34	0.98	1.22	1.53	0.63
4°C上昇	0.71	0.72	0.71	1.40	1.04	1.29	1.62	0.67

【潮位偏差の変化量(差分)】

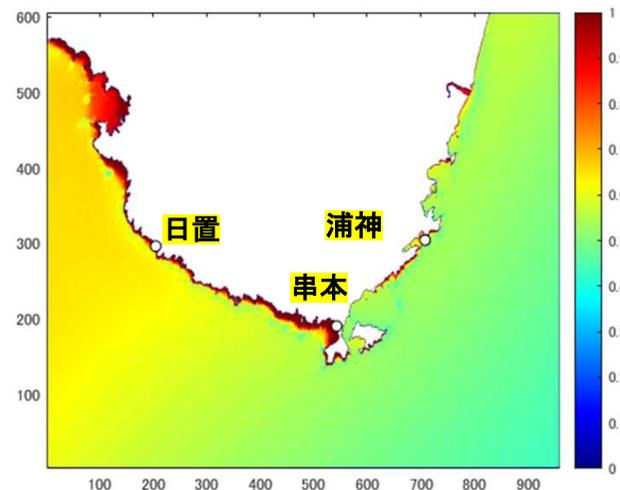
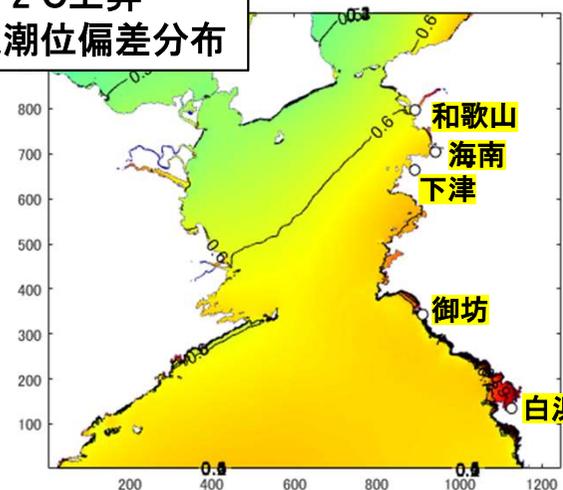
※単位:メートル

	和歌山	海南	下津	御坊	白浜	日置	串本	浦神
(2°C上昇)-(現在気候)	0.06	0.06	0.06	0.09	0.09	0.10	0.15	0.06
(4°C上昇)-(現在気候)	0.10	0.10	0.09	0.15	0.15	0.17	0.24	0.10

【潮位偏差の変化率(倍率)】

	和歌山	下津	海南	御坊	白浜	日置	串本	浦神
(2°C上昇)/(現在気候)	1.10	1.10	1.10	1.07	1.10	1.09	1.11	1.11
(4°C上昇)/(現在気候)	1.16	1.16	1.15	1.12	1.17	1.15	1.17	1.18

2°C上昇
最大潮位偏差分布



2-1-7. 気候変動を踏まえた計画外力の検討結果(潮位偏差)



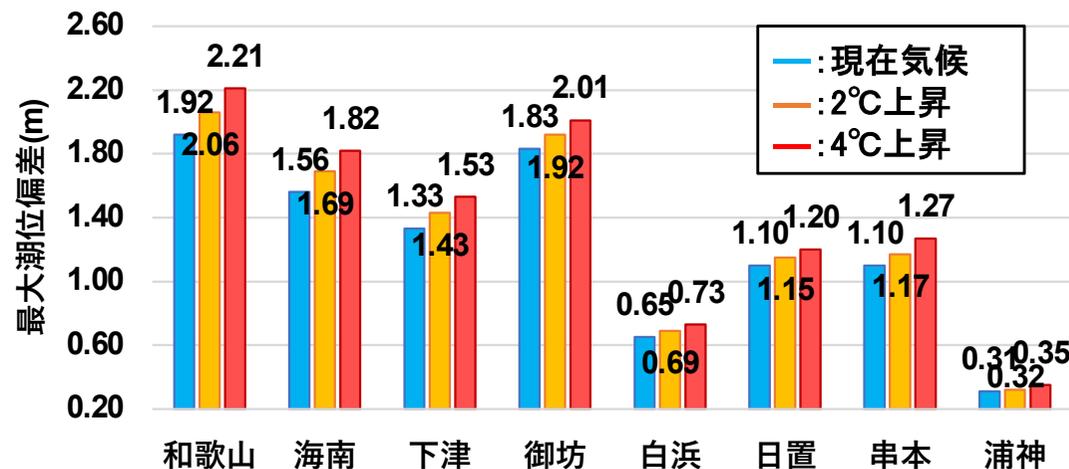
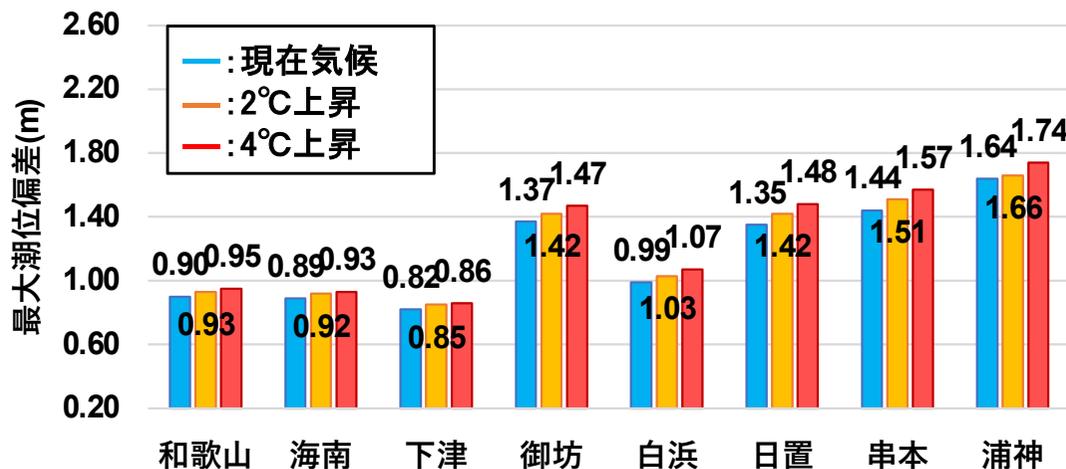
TY5915(伊勢湾台風)、TY6118(第二室戸台風)

- d4PDFを用いた将来の台風の気圧低下を考慮し、高潮推算を実施した結果、現在気候に対する将来の増加量(差分値)を比較すると、伊勢湾台風では2°Cが 2~7cmに対して4°Cが 4~13cm、第二室戸台風では2°Cが 1~14cmに対して4°Cが 4~29cmとなった。

地点	伊勢湾台風					第二室戸台風				
	推算値			差分値		推算値			差分値	
	①現在	②2°C上昇	③4°C上昇	=②-①	=③-①	①現在	②2°C上昇	③4°C上昇	=②-①	=③-①
和歌山	0.90m	0.93m	0.95m	0.03m	0.05m	1.92m	2.06m	2.21m	0.14m	0.29m
海南	0.89m	0.92m	0.93m	0.03m	0.04m	1.56m	1.69m	1.82m	0.13m	0.26m
下津	0.82m	0.85m	0.86m	0.03m	0.04m	1.33m	1.43m	1.53m	0.10m	0.20m
御坊	1.37m	1.42m	1.47m	0.05m	0.10m	1.83m	1.92m	2.01m	0.09m	0.18m
白浜	0.99m	1.03m	1.07m	0.04m	0.08m	0.65m	0.69m	0.73m	0.04m	0.08m
日置	1.35m	1.42m	1.48m	0.07m	0.13m	1.10m	1.15m	1.20m	0.05m	0.10m
串本	1.44m	1.51m	1.57m	0.07m	0.13m	1.10m	1.17m	1.27m	0.07m	0.17m
浦神	1.64m	1.66m	1.74m	0.02m	0.10m	0.31m	0.32m	0.35m	0.01m	0.04m

【伊勢湾台風】

【第二室戸台風】



2-1-8. 気候変動を踏まえた計画外力の検討結果(潮位偏差)



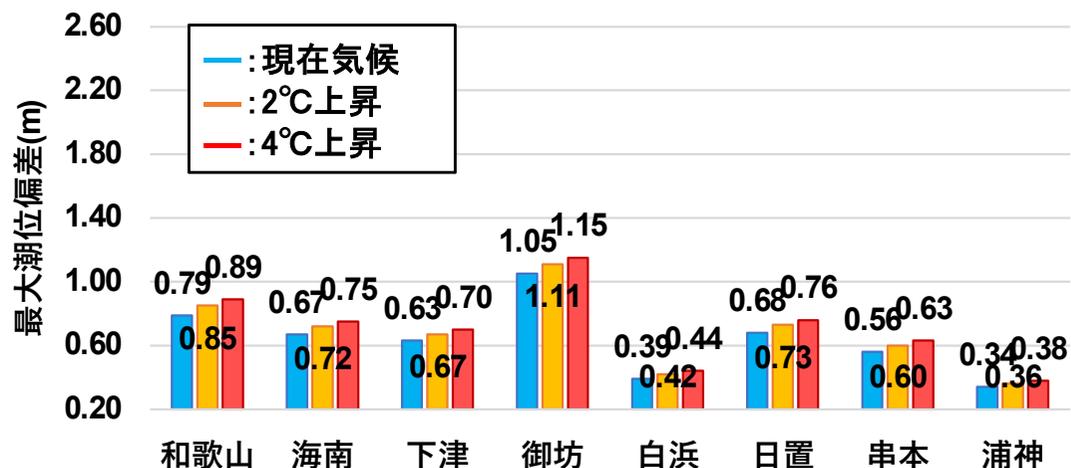
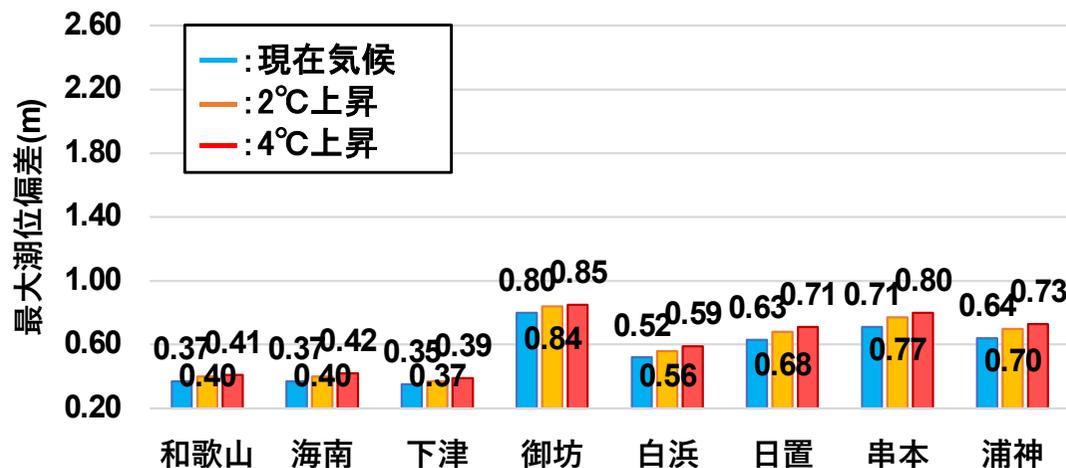
TY7220、TY7506

- 現在気候に対する将来の増加量(差分値)を比較すると、TY7220では2°Cが 2~6cmに対して4°Cが4~9cm、TY7506では2°Cが 2~6cmに対して4°Cが 4~10cmとなった。

地点	TY7220					TY7506				
	推算値			差分値		推算値			差分値	
	①現在	②2°C上昇	③4°C上昇	=②-①	=③-①	①現在	②2°C上昇	③4°C上昇	=②-①	=③-①
和歌山	0.37m	0.40m	0.41m	0.03m	0.04m	0.79m	0.85m	0.89m	0.06m	0.10m
海南	0.37m	0.40m	0.42m	0.03m	0.05m	0.67m	0.72m	0.75m	0.05m	0.08m
下津	0.35m	0.37m	0.39m	0.02m	0.04m	0.63m	0.67m	0.70m	0.04m	0.07m
御坊	0.80m	0.84m	0.85m	0.04m	0.05m	1.05m	1.11m	1.15m	0.06m	0.10m
白浜	0.52m	0.56m	0.59m	0.04m	0.07m	0.39m	0.42m	0.44m	0.03m	0.05m
日置	0.63m	0.68m	0.71m	0.05m	0.08m	0.68m	0.73m	0.76m	0.05m	0.08m
串本	0.71m	0.77m	0.80m	0.06m	0.09m	0.56m	0.60m	0.63m	0.04m	0.07m
浦神	0.64m	0.70m	0.73m	0.06m	0.09m	0.34m	0.36m	0.38m	0.02m	0.04m

【TY7220】

【TY7506】



2-1-9. 気候変動を踏まえた計画外力の検討結果(潮位偏差)

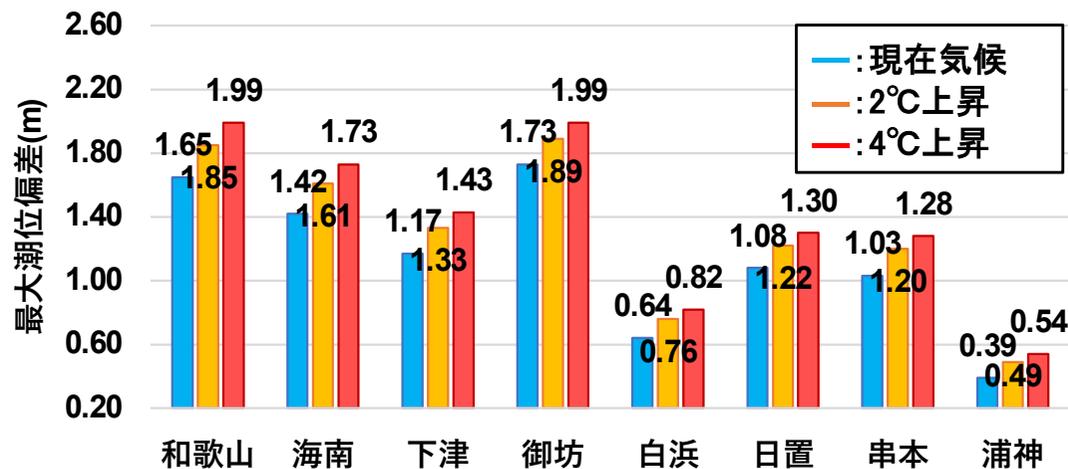


TY1821、TY1824

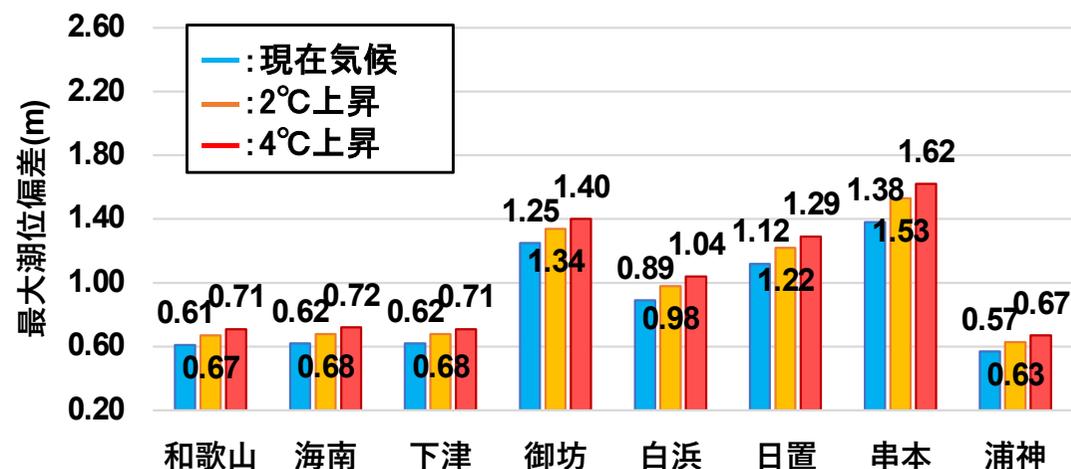
- 現在気候に対する将来の増加量(差分値)を比較すると、TY1821では2°Cが 12~20cmに対して4°Cが 15~34cm、TY1824では2°Cが 6~15cmに対して4°Cが 9~24cmとなった。

地点	TY1821					TY1824				
	推算値			差分値		推算値			差分値	
	①現在	②2°C上昇	③4°C上昇	=②-①	=③-①	①現在	②2°C上昇	③4°C上昇	=②-①	=③-①
和歌山	1.65m	1.85m	1.99m	0.20m	0.34m	0.61m	0.67m	0.71m	0.06m	0.10m
海南	1.42m	1.61m	1.73m	0.19m	0.31m	0.62m	0.68m	0.72m	0.06m	0.10m
下津	1.17m	1.33m	1.43m	0.16m	0.26m	0.62m	0.68m	0.71m	0.06m	0.09m
御坊	1.73m	1.89m	1.99m	0.16m	0.26m	1.25m	1.34m	1.40m	0.09m	0.15m
白浜	0.64m	0.76m	0.82m	0.12m	0.18m	0.89m	0.98m	1.04m	0.09m	0.15m
日置	1.08m	1.22m	1.30m	0.14m	0.22m	1.12m	1.22m	1.29m	0.10m	0.17m
串本	1.03m	1.20m	1.28m	0.17m	0.25m	1.38m	1.53m	1.62m	0.15m	0.24m
浦神	0.39m	0.49m	0.54m	0.10m	0.15m	0.57m	0.63m	0.67m	0.06m	0.10m

【TY1821】



【TY1824】



2. 将来の設計外力(想定台風解析)

2-2. 将来の設計高潮位の設定



2-2-1. 将来の設計高潮位の設定方法



設計高潮位の設定方法（「海岸保全施設の技術上の基準・同解説」、p2-3）

- 設計高潮位の設定に当たっては、
 - (1) 既往最高潮位
 - (2) 朔望平均満潮位に既往の潮位偏差の最大値を加えたもの
 - (3) 朔望平均満潮位に推算の潮位偏差の最大値を加えたものに気象の状況及び将来の見通しを勘案して必要と認められる値を加えたもののうちから、当該海岸保全施設の背後地の状況等を考慮して海岸管理者が総合的に判断して定めるものとする。
また、必要に応じて、当該満潮位の時に当該潮位偏差及び設計波が発生する可能性を考慮して、当該潮位偏差の最大値の範囲内において下方補正や、平均海水面変動を考慮して上方補正することもできるものとする。
- 将来の設計高潮位は下記の式で設定することになるが、和歌山県沿岸では設計高潮位は(1)の既往最高潮位を基本としているため、その場合の潮位偏差は下記の2通りの設定が考えられる。
将来の設計高潮位 = (天文潮位成分 + 平均海面水位の上昇量) + 将来の潮位偏差
 - (1) 既往最高潮位から朔望平均満潮位を差し引いた値を気候変動前の潮位偏差とし、その潮位偏差に気候変動による影響を見込む → 潮位偏差 = 既往最高潮位 - 朔望平均満潮位
 - (2) 既往最高潮位を記録した台風通過時において発生した最大潮位偏差を気候変動前の潮位偏差とし、その潮位偏差に気候変動による影響を見込む
- 本検討においては、**2通りの考え方の検討結果を踏まえ、将来の設計高潮位の設定を行う**ことを基本とするが、手法(2)については既往最高潮位記録時の最大潮位偏差の再現期間が極端に大きいことが想定されることから、50年確率潮位偏差、80年確率潮位偏差を用いた場合についても検討を行う。

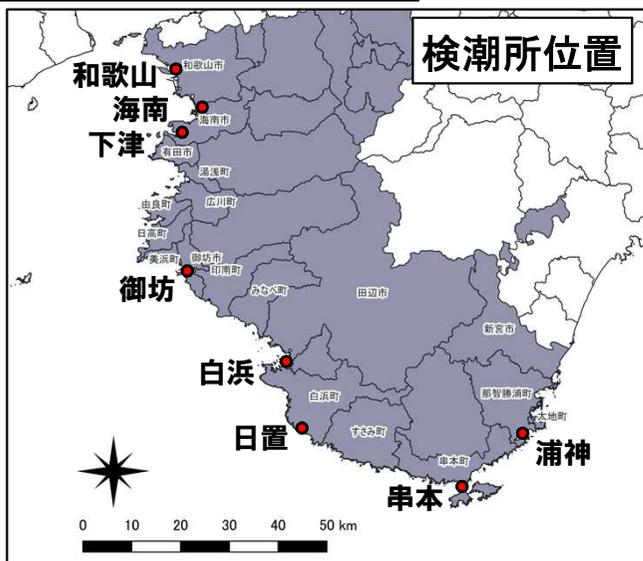
2-2-2. 手法(1)を用いた将来の設計高潮位



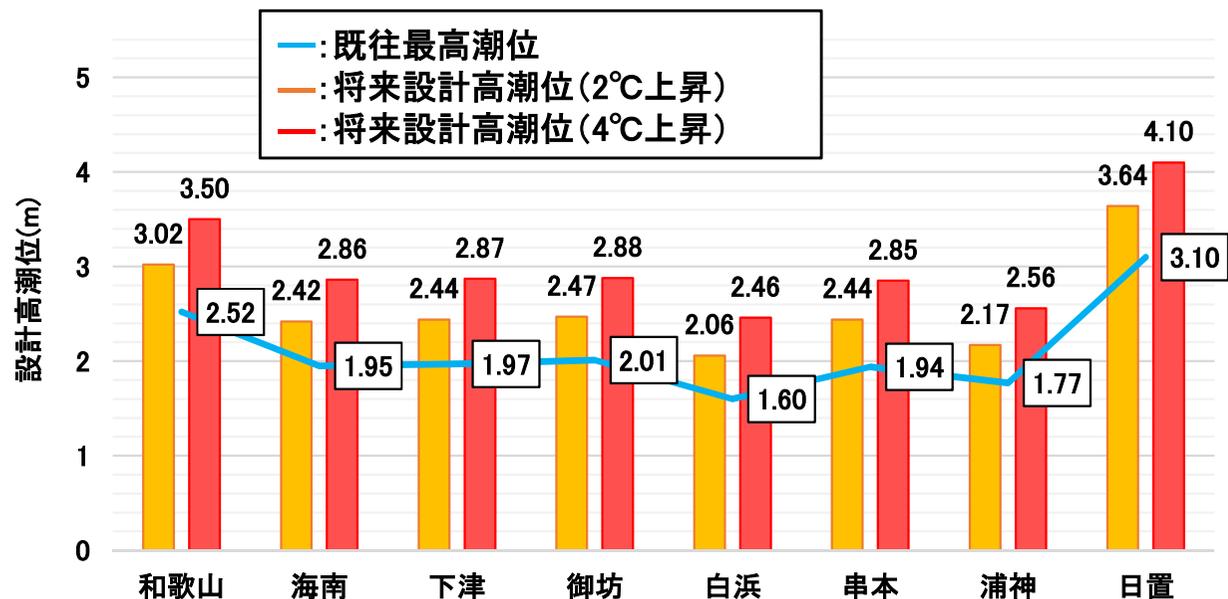
手法(1)を用いた将来設計高潮位

- 既往最高潮位から朔望平均満潮位を差し引いた値を現在気候の潮位偏差とし、その値に将来の変化率を乗じた値を用いた場合の設計高潮位の算出結果を下記に示す。将来の設計高潮位は 2℃上昇シナリオでは 40～54cm、4℃上昇シナリオでは 79～100cm、それぞれ既往最高潮位に比べて高くなっている。

■ 将来設計高潮位の算出



地図出典：「国土地理院電子地図」に加筆



基準面:T.P.

	既往最高潮位	起因台風	HWL	潮位偏差		変化率		海面上昇		将来設計高潮位	
	①			①-②	再現期間(年)	2℃	4℃	2℃	4℃	2℃	4℃
和歌山	2.52	第二室戸台風	0.94	1.58	76	1.07	1.15	0.39	0.74	3.02	3.50
海南	1.95	第二室戸台風	0.93	1.02	37	1.08	1.17	0.39	0.74	2.42	2.86
下津	1.97	第二室戸台風	0.91	1.06	—	1.08	1.15	0.39	0.74	2.44	2.87
御坊	2.01	台風201824号	0.96	1.05	—	1.07	1.12	0.39	0.74	2.47	2.88
白浜	1.60	台風201824号	0.91	0.69	15	1.10	1.17	0.39	0.74	2.06	2.46
串本	1.94	台風201824号	0.94	1.00	38	1.11	1.17	0.39	0.74	2.44	2.85
浦神	1.77	伊勢湾台風	0.84	0.93	20	1.01	1.05	0.39	0.74	2.17	2.56
日置	3.10	台風197506号	0.91	2.19	—	1.07	1.12	0.39	0.74	3.64	4.10

* 日置のHWLは白浜の値を採用

2-2-3. 手法(2)を用いた将来の設計高潮位

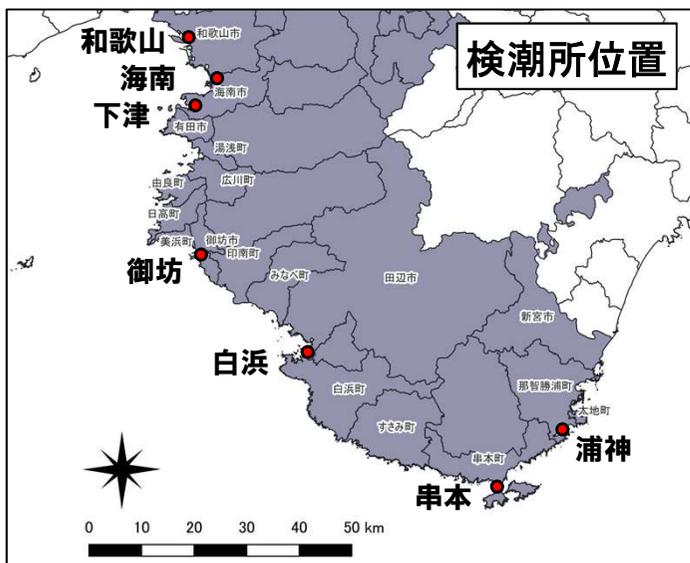


手法(2)を用いた将来設計高潮位

- 観測記録から算出した既往最大潮位偏差(case1)、50年確率潮位偏差(case2)、80年確率潮位偏差(case3)を現在気候の潮位偏差とし、その値に将来の変化率を乗じた値を用いた場合の設計高潮位の算出結果を下記に示す。

■ 将来設計高潮位の算出

	最大潮位偏差		起因台風	確率規模別潮位偏差		HWL	変化率		海面上昇	
	潮位偏差	再現期間(年)		50年確率	80年確率		2℃	4℃	2℃	4℃
和歌山	2.17	203	第二室戸台風	1.39	1.61	0.94	1.07	1.15	0.39	0.74
海南	1.63	204	第二室戸台風	1.10	1.24	0.93	1.08	1.17	0.39	0.74
下津	1.58	—	第二室戸台風	1.10	1.24	0.91	1.08	1.15	0.39	0.74
御坊	1.44	—	台風201821号	1.10	1.24	0.96	1.09	1.15	0.39	0.74
白浜	0.85	87	台風197220号	0.80	0.84	0.91	1.08	1.13	0.39	0.74
串本	1.44	183	伊勢湾台風	1.06	1.18	0.94	1.05	1.09	0.39	0.74
浦神	1.76	211	伊勢湾台風	1.17	1.33	0.84	1.01	1.06	0.39	0.74



* 下津・御坊の確率規模別潮位偏差は海南の値を採用

■ 将来設計高潮位の算出結果

基準面:T.P.

	将来設計高潮位					
	case1:最大潮位偏差		case2:50年確率		case3:80年確率	
	2℃	4℃	2℃	4℃	2℃	4℃
和歌山	3.65	4.18	2.82	3.28	3.05	3.53
海南	3.08	3.58	2.51	2.96	2.66	3.12
下津	3.01	3.47	2.49	2.92	2.64	3.08
御坊	2.92	3.36	2.55	2.97	2.70	3.13
白浜	2.22	2.61	2.16	2.55	2.21	2.60
串本	2.84	3.25	2.44	2.84	2.57	2.97
浦神	3.01	3.45	2.41	2.82	2.57	2.99

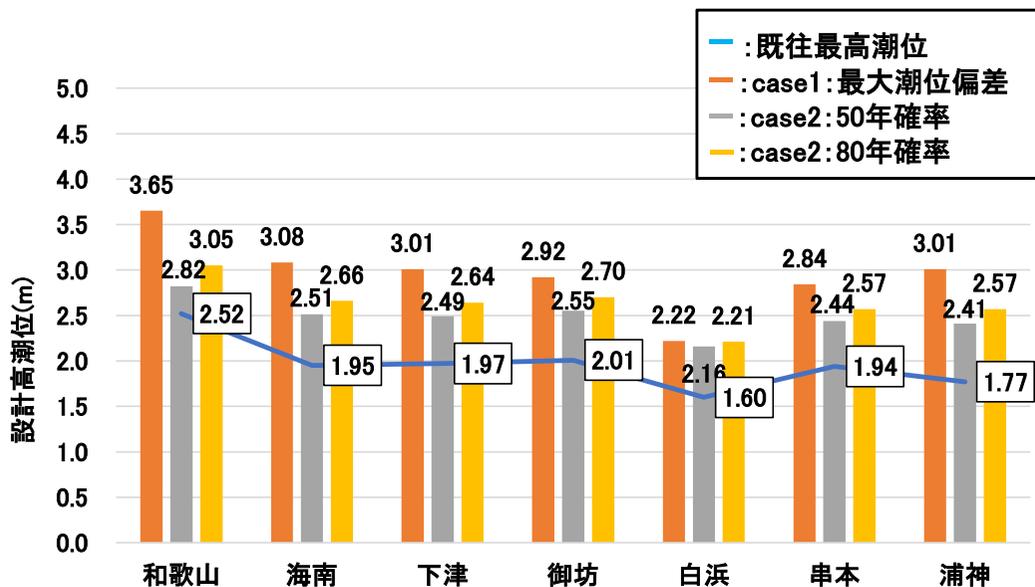
2-2-4. 手法(2)を用いた将来の設計高潮位



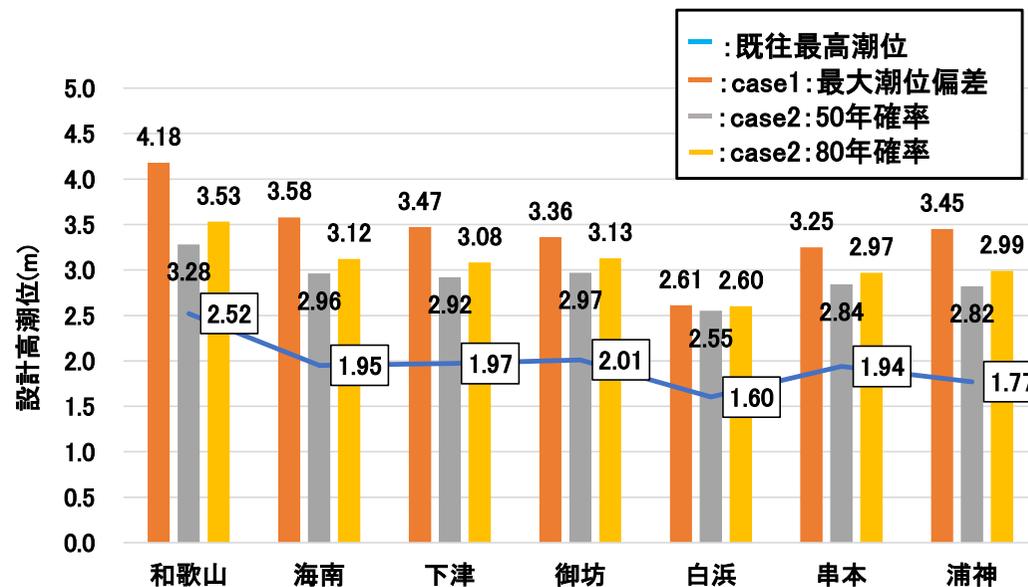
手法(2)を用いた将来設計高潮位

- 手法(2)を用いた場合の将来の設計高潮位は、既往最大潮位偏差を用いた case1は 2°C上昇シナリオでは 62~124cm、4°C上昇シナリオでは 101~168cm、50年確率潮位偏差を用いた case2は 2°C上昇シナリオでは 30~64cm、4°C上昇シナリオでは 76~105cm、80年確率潮位偏差を用いた case3は 2°C上昇シナリオでは 53~80cm、4°C上昇シナリオでは 100~122cm、それぞれ既往最高潮位に比べて高くなっている。

■ 2°C上昇による変化



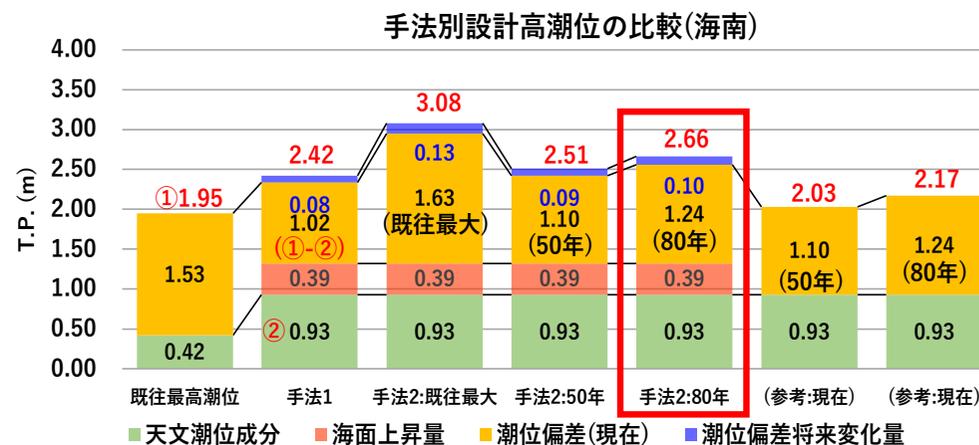
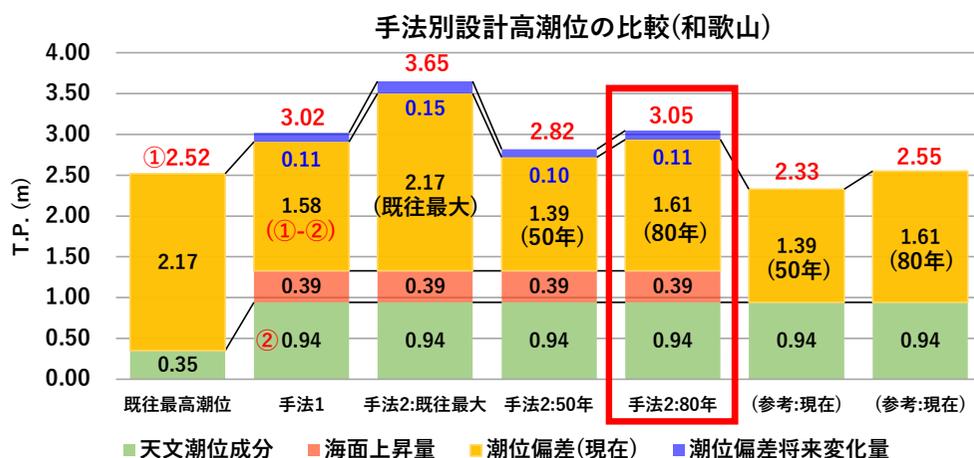
■ 4°C上昇による変化



2-2-5. 各手法による設計高潮位の検討結果(2°C上昇シナリオ)



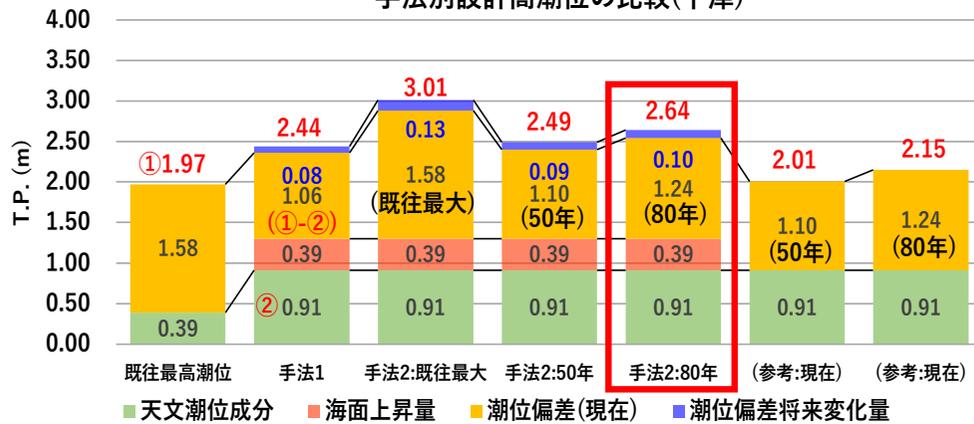
- 各手法による 2°C 上昇シナリオにおける設計高潮位の検討結果を以下にまとめて示す。
- 手法(1)については、御坊、串本では既往最高潮位から朔望平均満潮位を差し引いて設定した潮位偏差が50年確率規模を下回ることから、将来の設計高潮位を過小に見積もる可能性が高い。
- 現行の設計高潮位は既往最高潮位を採用しているため、手法(2)の**既往最大潮位偏差を採用した場合は、現行に比べて非常に高くなっている**。特に、紀北の和歌山では第二室戸台風来襲時の潮位成分が小さく、潮位偏差が非常に大きかったため、その傾向が強く、今後現実的な対策を講じていくことは困難である。
- 手法(2)の50年・80年確率規模の現在気候の潮位偏差に朔望平均満潮位をそれぞれ足した値と現行の既往最高潮位を比較したところ、50年確率規模の潮位では和歌山で既往最高潮位よりも低い値となったが、80年確率規模の潮位では各代表海岸とも既往最高潮位と同等もしくは若干高い潮位となることが確認できた。
- 現行の設計高潮位から朔望平均満潮位を差し引いた値は、80年確率潮位偏差を若干下回る値となっている。そのため、朔望平均満潮位に80年確率の値を足し合わせた潮位は現行の設計高潮位に比べ過小とはならないことから、**将来の設計高潮位の設定に用いる潮位偏差は80年確率の値を用いることとする**。



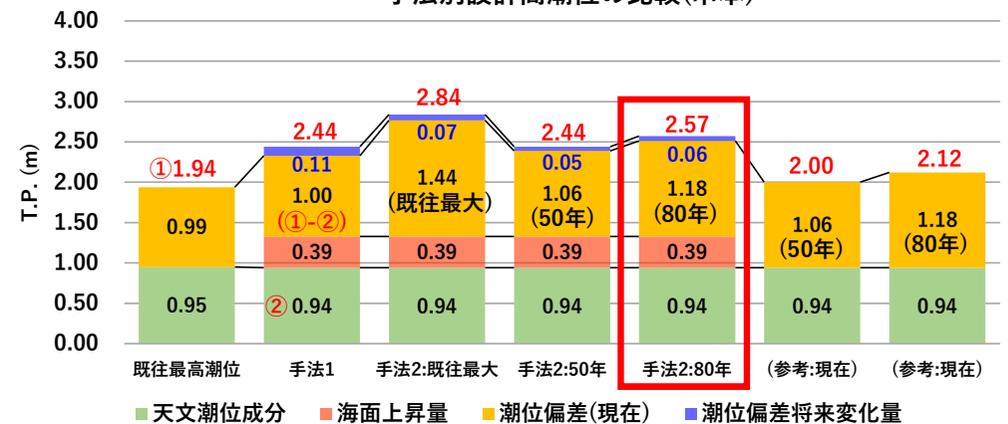
2-2-6. 各手法による設計高潮位の検討結果(2°C上昇シナリオ)



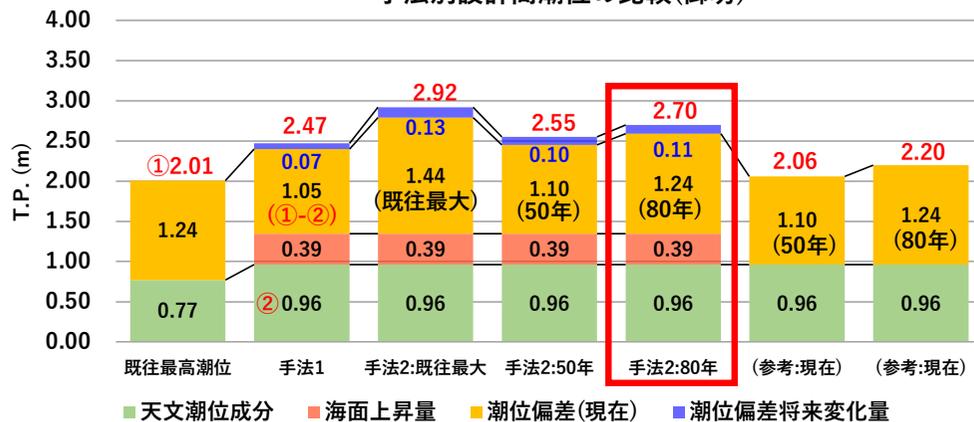
手法別設計高潮位の比較(下津)



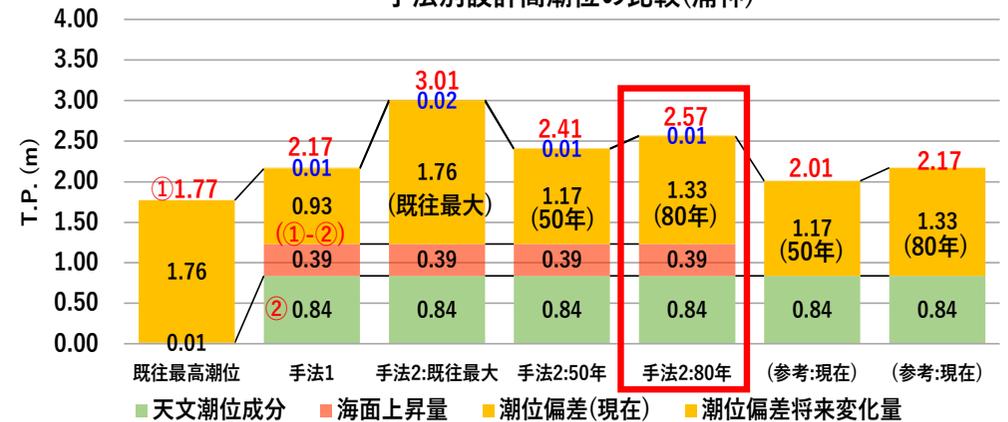
手法別設計高潮位の比較(串本)



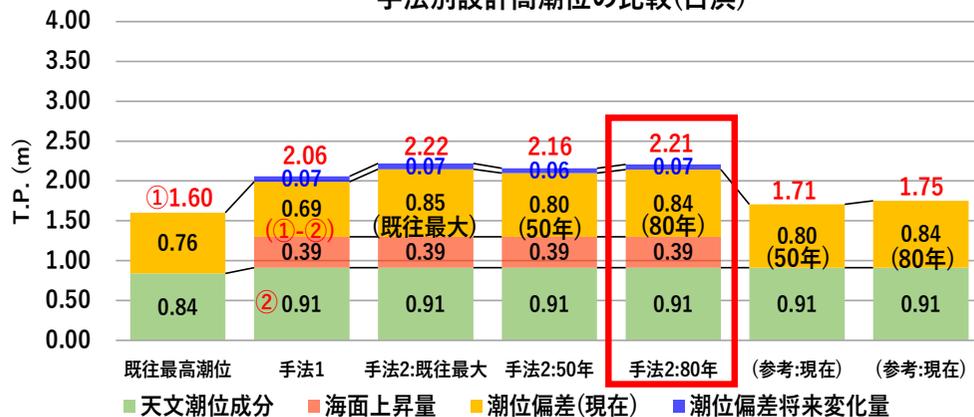
手法別設計高潮位の比較(御坊)



手法別設計高潮位の比較(浦神)



手法別設計高潮位の比較(白浜)



2. 将来の設計外力(想定台風解析)

2-3. 将来の設計波浪の設定



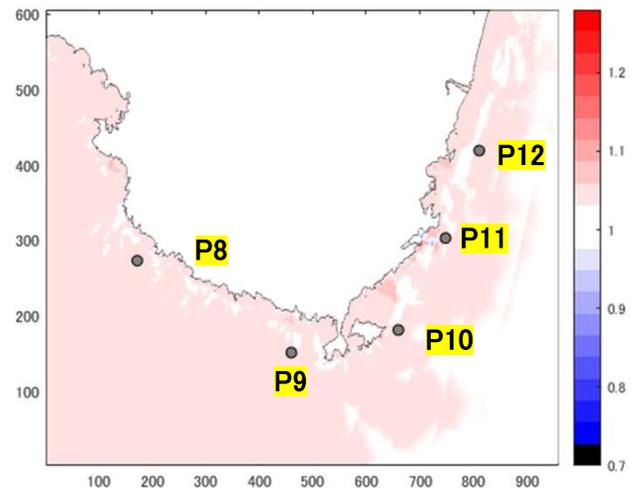
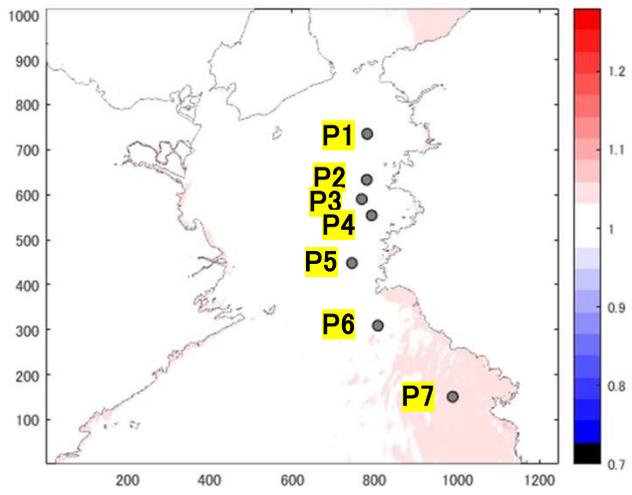
2-3-1. 気候変動を踏まえた計画外力の検討結果(波浪)



TY5915(伊勢湾台風)

- d4PDFを用いた将来の台風の気圧低下を考慮し、波浪推算を実施した結果、最大波高の差分は2℃上昇シナリオでは最大0.39m、4℃上昇シナリオでは最大0.87mとなった。

最大有義波高の変化率分布図
d2PDF/現在気候



【有義波高】

※単位:メートル

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
現在気候	6.70	7.39	7.78	7.58	10.30	10.67	10.81	12.88	15.72	17.50	15.64	15.87
2℃上昇	6.88	7.61	8.01	7.80	10.64	10.97	11.06	13.14	16.04	17.89	15.94	16.21
4℃上昇	7.11	7.88	8.30	8.09	11.08	11.33	11.37	13.44	16.42	18.37	16.31	16.62

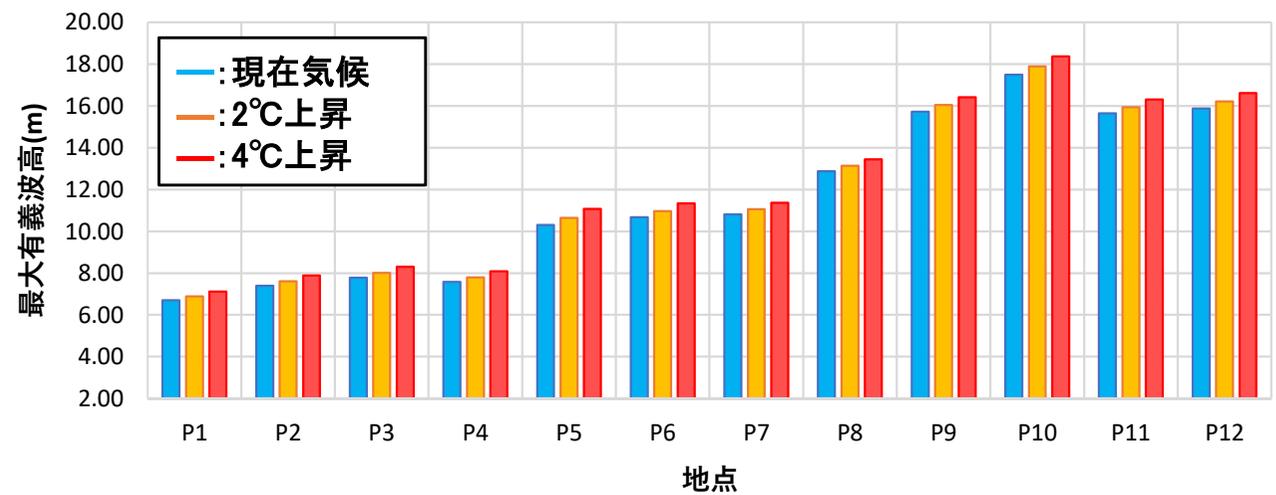
【有義波高の変化量(差分)】

※単位:メートル

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
(2℃上昇)-(現在気候)	0.18	0.22	0.23	0.22	0.34	0.30	0.25	0.26	0.32	0.39	0.30	0.34
(4℃上昇)-(現在気候)	0.41	0.49	0.52	0.51	0.78	0.66	0.56	0.56	0.70	0.87	0.67	0.75

【有義波高の変化率(倍率)】

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
(2℃上昇)/(現在気候)	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02
(4℃上昇)/(現在気候)	1.06	1.07	1.07	1.07	1.08	1.06	1.05	1.04	1.04	1.05	1.04	1.05



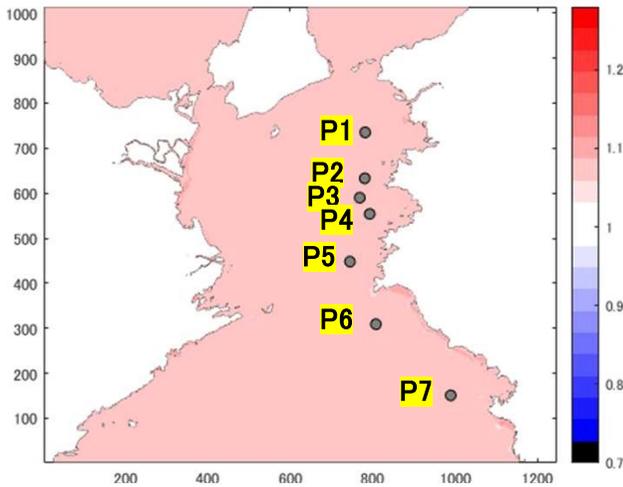
2-3-2. 気候変動を踏まえた計画外力の検討結果(波浪)



TY6118(第二室戸台風)

- d4PDFを用いた将来の台風の気圧低下を考慮し、波浪推算を実施した結果、最大波高の差分は2℃上昇シナリオでは最大0.53m、4℃上昇シナリオでは最大1.13mとなった。

最大有義波高の変化率分布図
d2PDF/現在気候



【有義波高】

※単位:メートル

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
現在気候	10.43	10.86	11.10	10.76	13.32	16.01	16.13	15.82	15.02	11.59	9.00	8.19
2℃上昇	10.64	11.08	11.31	10.95	13.61	16.47	16.59	16.32	15.55	12.06	9.39	8.55
4℃上昇	10.86	11.29	11.53	11.14	13.92	17.00	17.09	16.85	16.15	12.61	9.82	8.96

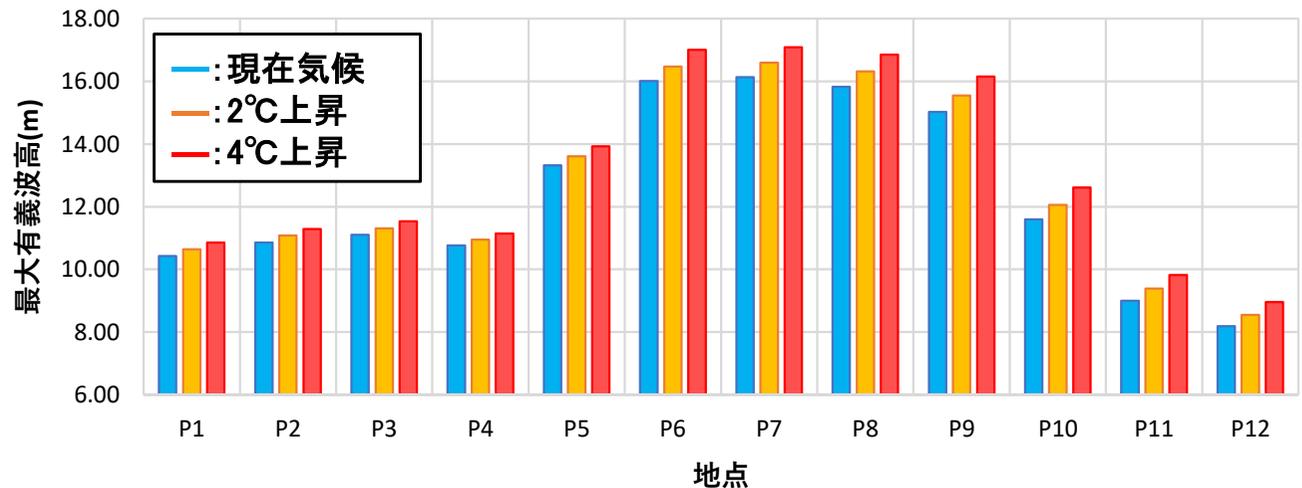
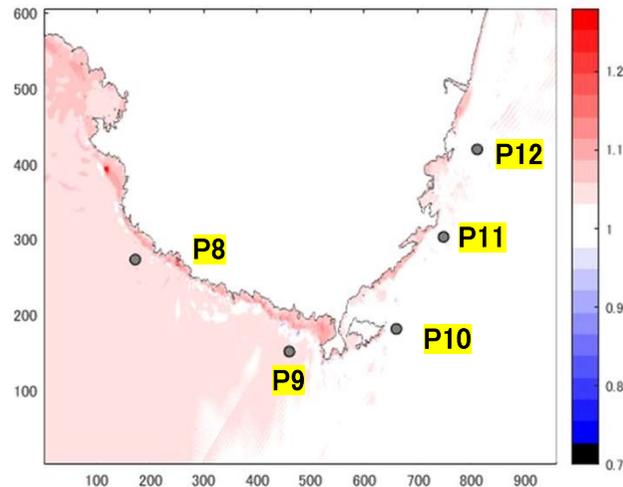
【有義波高の変化量(差分)】

※単位:メートル

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
(2℃上昇)-(現在気候)	0.21	0.22	0.21	0.19	0.29	0.46	0.46	0.50	0.53	0.47	0.39	0.36
(4℃上昇)-(現在気候)	0.43	0.43	0.43	0.38	0.60	0.99	0.96	1.03	1.13	1.02	0.82	0.77

【有義波高の変化率(倍率)】

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
(2℃上昇)/(現在気候)	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.03	1.03	1.03	1.04	1.04	1.04	1.04
(4℃上昇)/(現在気候)	1.04	1.04	1.04	1.04	1.05	1.06	1.06	1.07	1.08	1.09	1.09	1.09



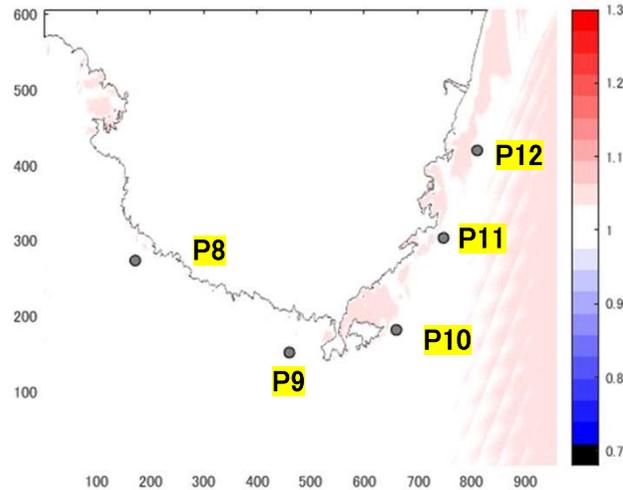
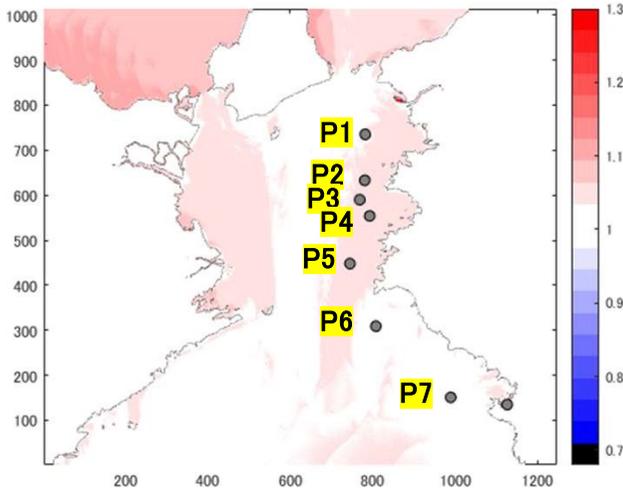
2-3-3. 気候変動を踏まえた計画外力の検討結果(波浪)



TY7220

- d4PDFを用いた将来の台風の気圧低下を考慮し、波浪推算を実施した結果、最大波高の差分は2°C上昇シナリオでは最大0.33m、4°C上昇シナリオでは最大0.43mとなった。

最大有義波高の変化率分布図
d2PDF/現在気候



【有義波高】

※単位：メートル

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
現在気候	5.06	5.78	6.20	6.05	7.99	8.04	8.57	9.05	10.15	10.73	9.61	9.29
2°C上昇	5.23	5.99	6.42	6.28	8.28	8.29	8.82	9.31	10.44	11.06	9.86	9.55
4°C上昇	5.31	6.07	6.50	6.35	8.32	8.34	8.89	9.42	10.52	11.16	9.97	9.67

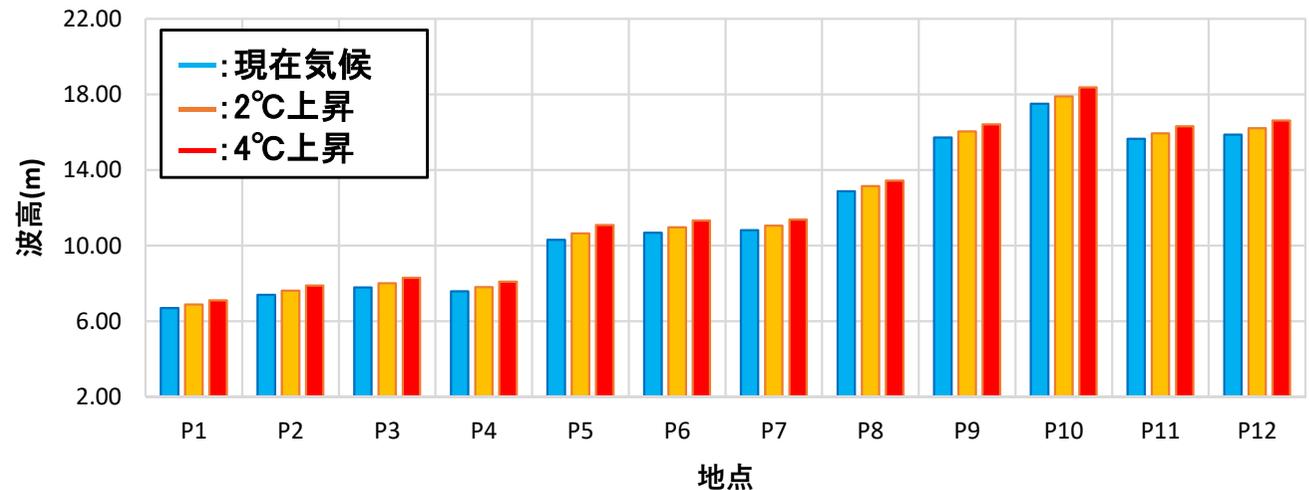
【有義波高の変化量(差分)】

※単位：メートル

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
(2°C上昇)-(現在気候)	0.17	0.21	0.22	0.23	0.29	0.25	0.25	0.26	0.29	0.33	0.25	0.26
(4°C上昇)-(現在気候)	0.25	0.29	0.30	0.30	0.33	0.30	0.32	0.37	0.37	0.43	0.36	0.38

【有義波高の変化率(倍率)】

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
(2°C上昇)/(現在気候)	1.03	1.04	1.04	1.04	1.04	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03
(4°C上昇)/(現在気候)	1.05	1.05	1.05	1.05	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04



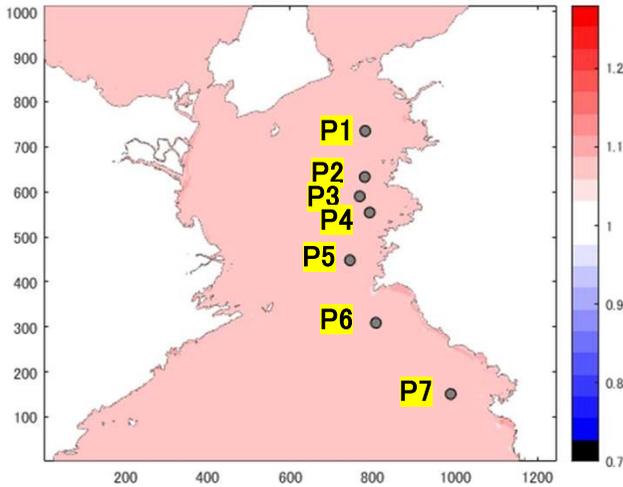
2-3-4. 気候変動を踏まえた計画外力の検討結果(波浪)



TY7506

- d4PDFを用いた将来の台風の気圧低下を考慮し、波浪推算を実施した結果、最大波高の差分は2°C上昇シナリオでは最大0.45m、4°C上昇シナリオでは最大0.76mとなった。

最大有義波高の変化率分布図
d2PDF/現在気候



【有義波高】

※単位:メートル

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
現在気候	6.09	6.50	6.80	6.65	8.03	8.68	8.94	10.03	9.75	8.96	7.97	7.55
2°C上昇	6.29	6.73	7.05	6.89	8.37	9.06	9.32	10.45	10.20	9.37	8.33	7.90
4°C上昇	6.43	6.89	7.22	7.06	8.62	9.34	9.59	10.74	10.51	9.65	8.58	8.13

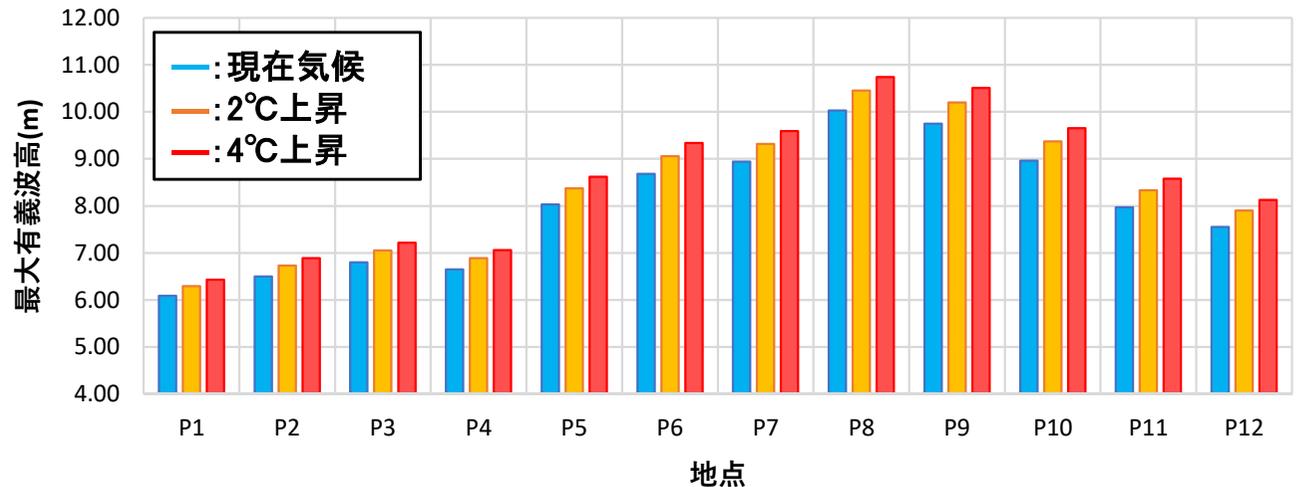
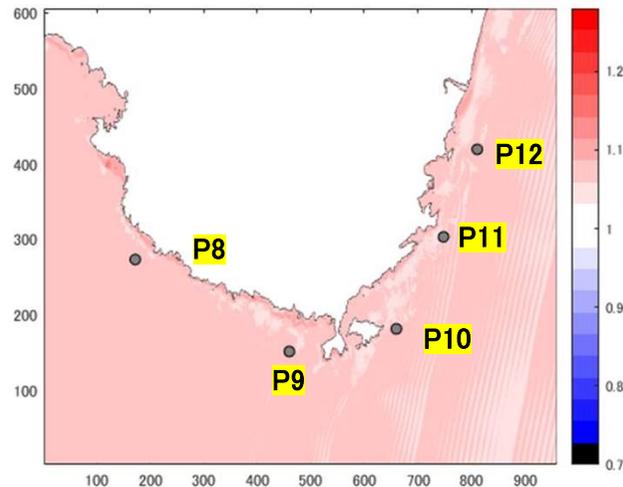
【有義波高の変化量(差分)】

※単位:メートル

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
(2°C上昇)-(現在気候)	0.20	0.23	0.25	0.24	0.34	0.38	0.38	0.42	0.45	0.41	0.36	0.35
(4°C上昇)-(現在気候)	0.34	0.39	0.42	0.41	0.59	0.66	0.65	0.71	0.76	0.69	0.61	0.58

【有義波高の変化率(倍率)】

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
(2°C上昇)/(現在気候)	1.03	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.05	1.05	1.05	1.05
(4°C上昇)/(現在気候)	1.06	1.06	1.06	1.06	1.07	1.08	1.07	1.07	1.08	1.08	1.08	1.08



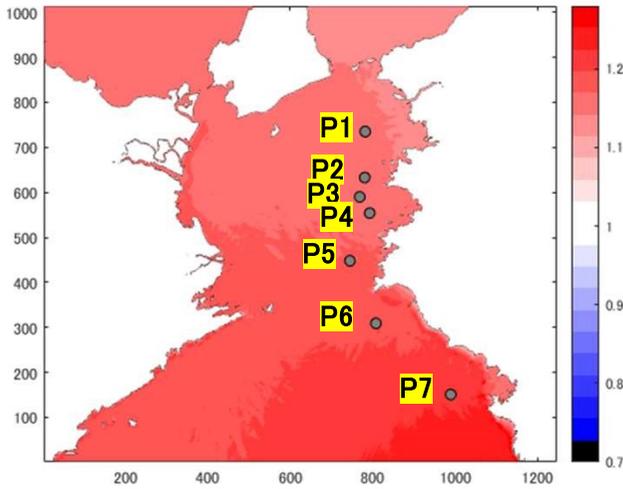
2-3-5. 気候変動を踏まえた計画外力の検討結果(波浪)



TY1821

- d4PDFを用いた将来の台風の気圧低下を考慮し、波浪推算を実施した結果、最大波高の差分は2°C上昇シナリオでは最大0.61m、4°C上昇シナリオでは最大1.12mとなった。

最大有義波高の変化率分布図
d2PDF/現在気候



【有義波高】

※単位:メートル

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
現在気候	9.68	10.34	10.81	10.41	13.30	15.40	15.82	15.84	15.54	13.46	11.06	10.08
2°C上昇	9.93	10.63	11.12	10.70	13.78	16.01	16.36	16.39	16.15	14.04	11.51	10.53
4°C上昇	10.12	10.86	11.37	10.93	14.18	16.47	16.80	16.84	16.66	14.52	11.90	10.92

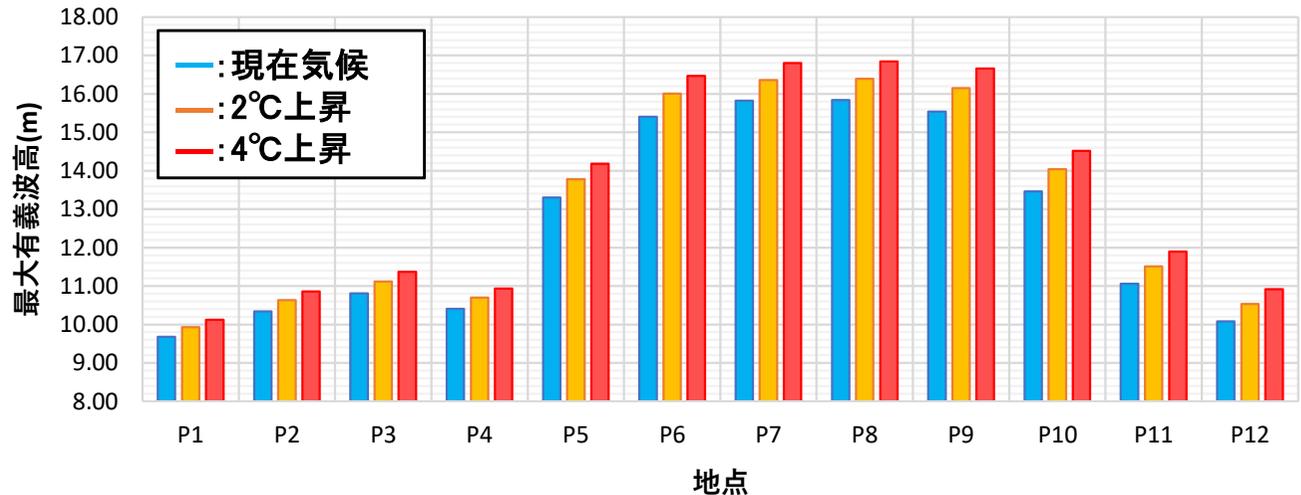
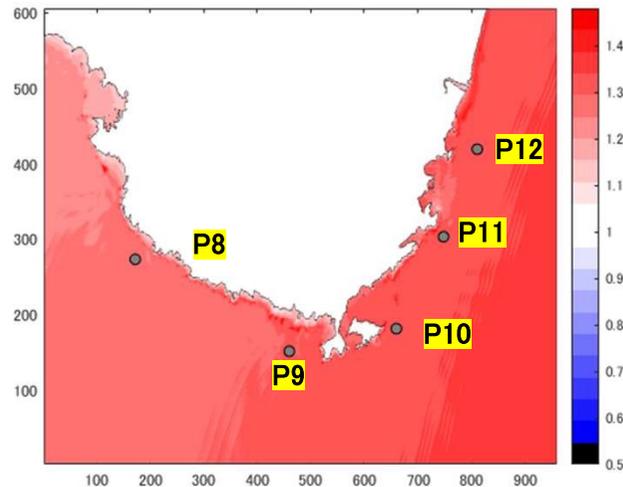
【有義波高の変化量(差分)】

※単位:メートル

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
(2°C上昇)-(現在気候)	0.25	0.29	0.31	0.29	0.48	0.61	0.54	0.55	0.61	0.58	0.45	0.45
(4°C上昇)-(現在気候)	0.44	0.52	0.56	0.52	0.88	1.07	0.98	1.00	1.12	1.06	0.84	0.84

【有義波高の変化率(倍率)】

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
(2°C上昇)/(現在気候)	1.03	1.03	1.03	1.03	1.04	1.04	1.03	1.03	1.04	1.04	1.04	1.04
(4°C上昇)/(現在気候)	1.05	1.05	1.05	1.05	1.07	1.07	1.06	1.06	1.07	1.08	1.08	1.08



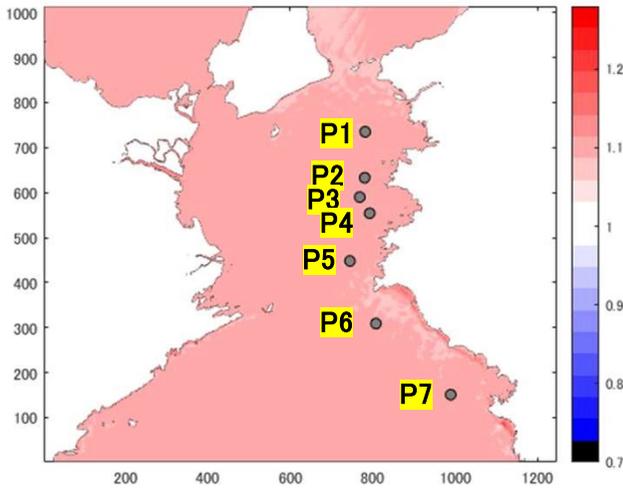
2-3-6. 気候変動を踏まえた計画外力の検討結果(波浪)



TY1824

- d4PDFを用いた将来の台風の気圧低下を考慮し、波浪推算を実施した結果、最大波高の差分は2°C上昇シナリオでは最大0.63m、4°C上昇シナリオでは最大1.14mとなった。

最大有義波高の変化率分布図
d2PDF/現在気候



【有義波高】

※単位:メートル

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
現在気候	5.63	6.23	6.51	6.61	8.11	10.72	12.27	14.10	15.57	12.28	9.29	8.36
2°C上昇	5.80	6.42	6.71	6.82	8.37	11.16	12.71	14.65	16.20	12.78	9.64	8.68
4°C上昇	5.95	6.59	6.87	7.00	8.58	11.55	13.08	15.10	16.71	13.18	9.92	8.94

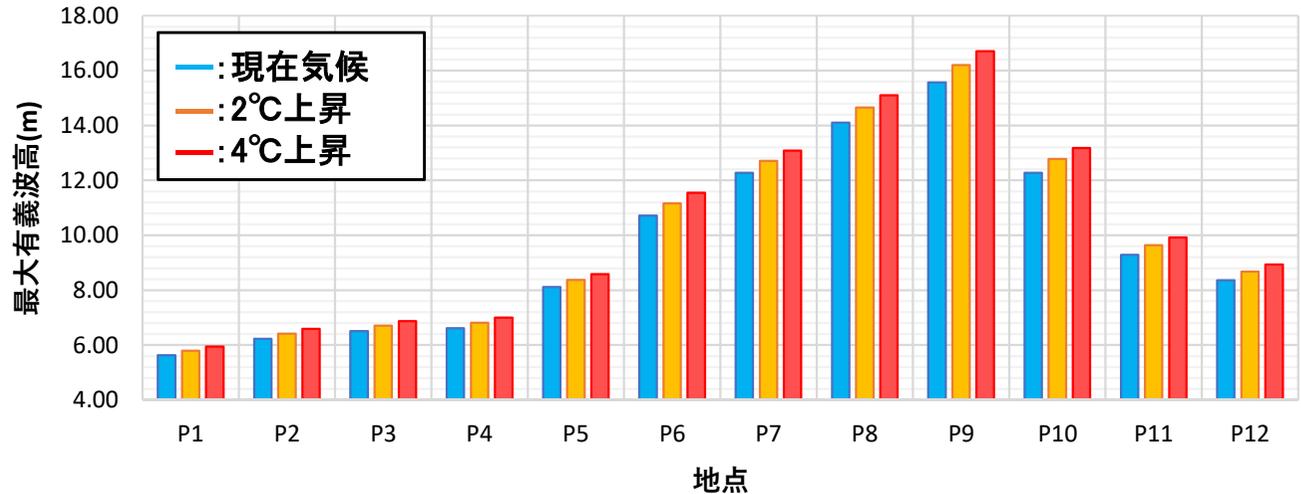
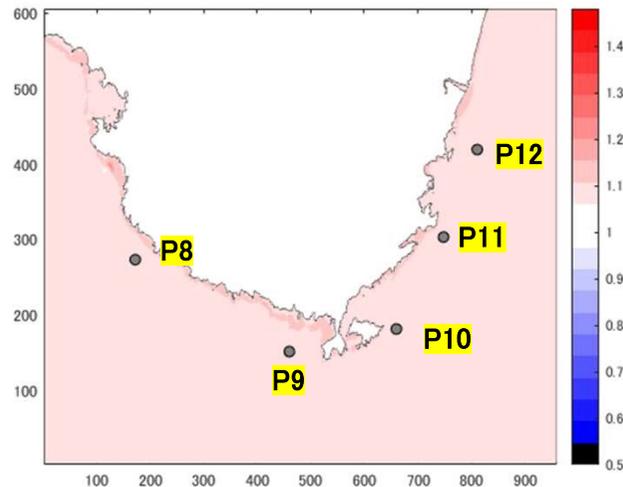
【有義波高の変化量(差分)】

※単位:メートル

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
(2°C上昇)-(現在気候)	0.17	0.19	0.20	0.21	0.26	0.44	0.44	0.55	0.63	0.50	0.35	0.32
(4°C上昇)-(現在気候)	0.32	0.36	0.36	0.39	0.47	0.83	0.81	1.00	1.14	0.90	0.63	0.58

【有義波高の変化率(倍率)】

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
(2°C上昇)/(現在気候)	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
(4°C上昇)/(現在気候)	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.08	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07



2-3-7.将来の設計波高の算出

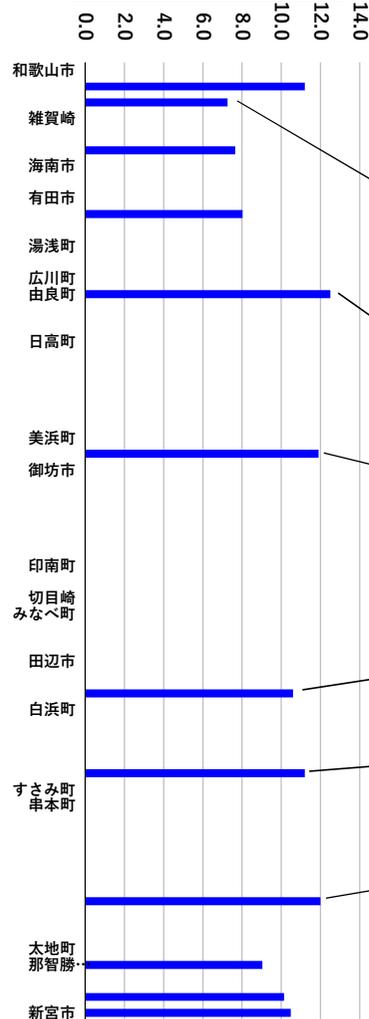


将来の設計波高の算出

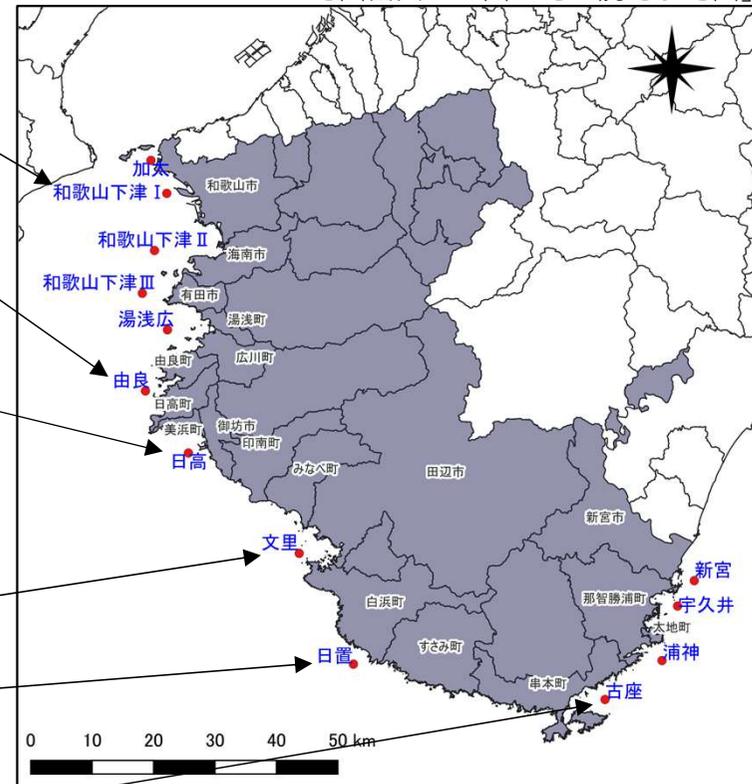
- 気候変動を考慮した将来の波高の設定に当たっては、2℃上昇シナリオ、4℃上昇シナリオの波高の変化率を現行の設計波高(50年確率波、30年確率波等)に乗じて算定するものとする。

- 港湾の施設計画・設計において使用されている設計波浪のうち、最大波高を整理したものを右の図に示す。
- 一部の港湾(加太、日置、古座:第二室戸台風もしくは伊勢湾台風対象としてウィルソン法により推算)を除いて、50年確率波高を採用している。
- 波浪推算の統計期間は概ね1950年代から1990年代であり、第二室戸台風、伊勢湾台風は推算対象として選定されている。

50年確率波高 (m)



地図出典: 「国土地理院電子地図」に加筆



■ 設計波の設定位置

注: 設計波の設定位置はあくまでも目安の位置を示している。

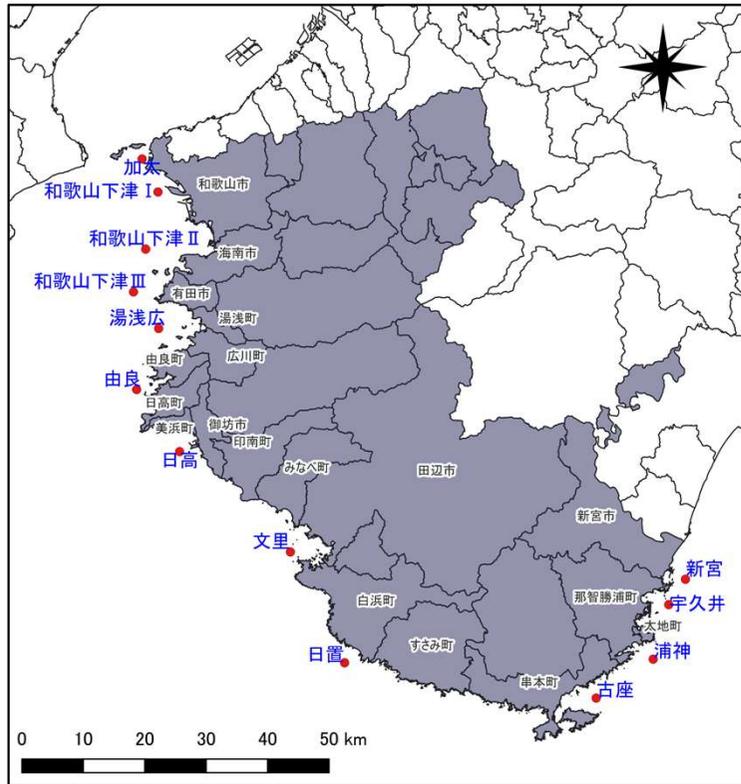
2-3-8. 将来の設計波高の算出結果



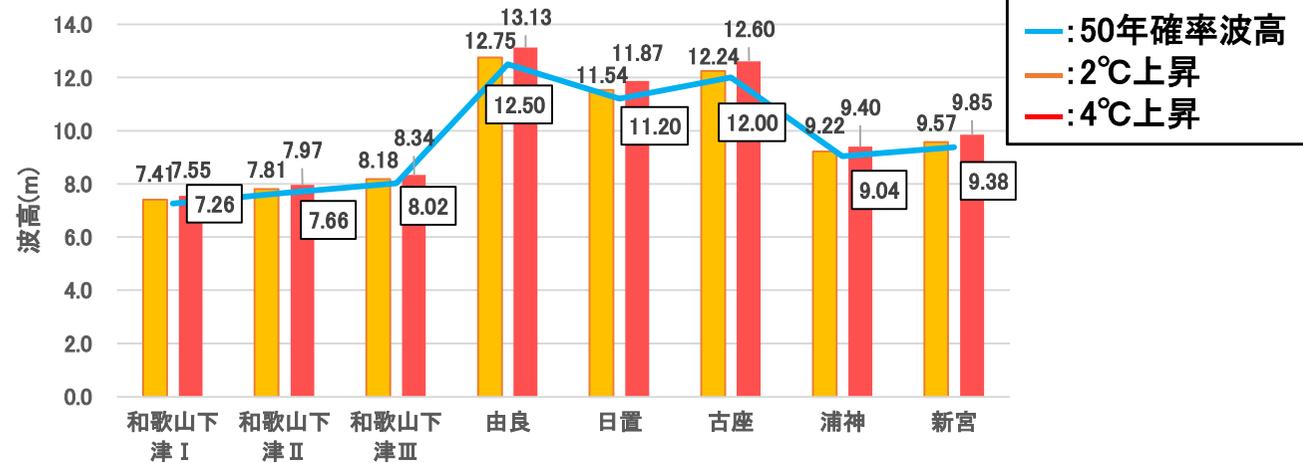
将来の波高増大量の算出

- 港湾における現行の設計波高について、気候変動の影響を考慮した将来の設計波高の算出結果を下記に示す。波高の増大量をみると2°C上昇シナリオでは 15~34cm、4°C上昇シナリオでは 29~67cmとなっている。
- 一方、変化率で比較すると2°C上昇シナリオが 1.02~1.03に対して、4°C上昇シナリオは 1.04~1.06となっている。

■ 設計波の設定位置



地図出典：「国土地理院電子地図」に加筆



地点	港名	50年確率波	起因台風	変化率		波高	
				2°C	4°C	2°C	4°C
P1	和歌山下津 I	7.26	第二室戸台風	1.02	1.04	7.41	7.55
P2	和歌山下津 II	7.66	第二室戸台風	1.02	1.04	7.81	7.97
P3	和歌山下津 III	8.02	第二室戸台風	1.02	1.04	8.18	8.34
P5	由良	12.50	第二室戸台風	1.02	1.05	12.75	13.13
P8	日置	11.20	台風201821号	1.03	1.06	11.54	11.87
P10	古座	12.00	伊勢湾台風	1.02	1.05	12.24	12.60
P11	浦神	9.04	伊勢湾台風	1.02	1.04	9.22	9.40
P12	新宮	9.38	伊勢湾台風	1.02	1.05	9.57	9.85

* 各地点における波高が最も大きい台風の変化率を採用

3. 将来の設計外力(不特定多数の台風解析)

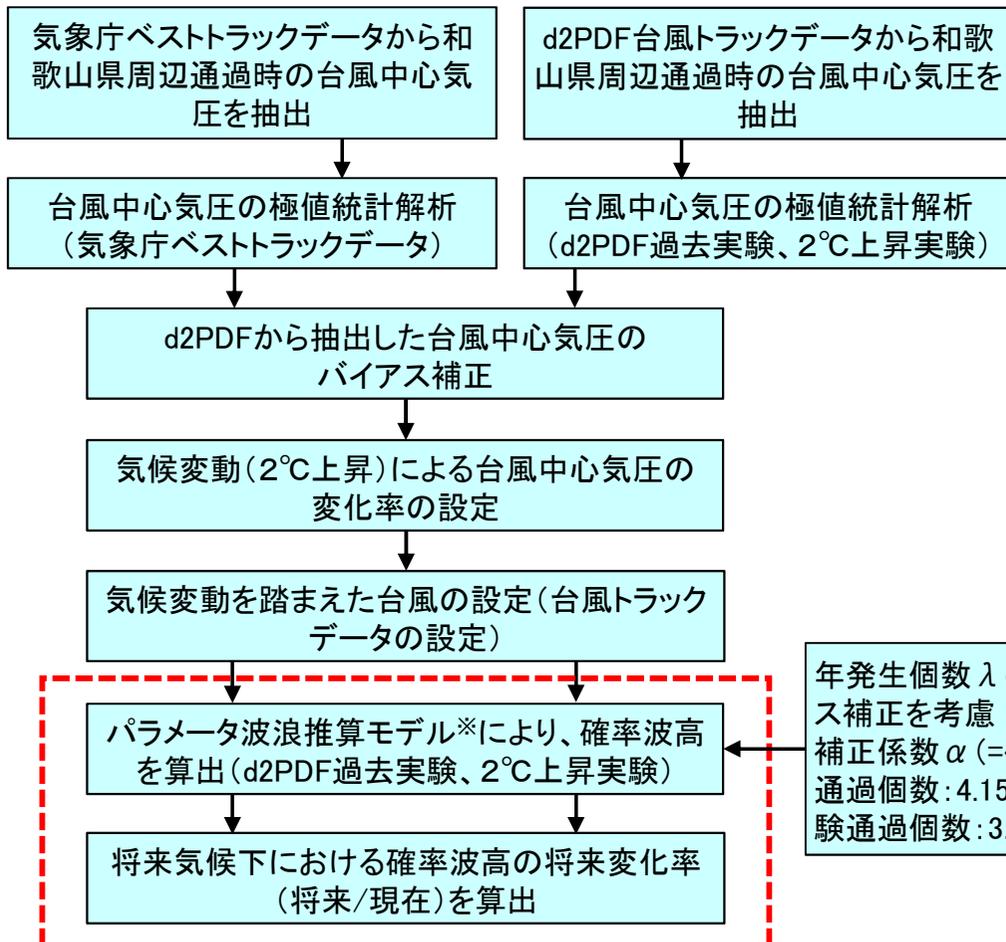


3-1. 不特定多数の台風解析による将来の波高増大量の算出



不特定多数の台風解析による将来の波高増大量の算出方法

- d4PDF/d2PDFによる不特定多数の台風を抽出し、現行計画における波浪の生起確率を求め、気候変動後に同等の生起確率となる波浪を算出した。計算の対象とした不特定多数の台風は現在気候18,473ケース、2°C上昇シナリオ8201ケースの抽出した全台風とした。
- 波浪推算は力学モデルであるパラメータ波浪推算モデルを用いた。



パラメータ波浪推算モデル*(DOLPHIN-Iモデル)について

支配方程式

$$\frac{\partial E^*(\theta)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial s} \{C_g(f_m)f(\gamma)E^*(\theta)\} = 2.851 \times 10^{-4} \left\{ \frac{E^*(\theta)}{D^*(\theta)} \right\}^{0.3273} \cdot \exp \left[-0.0875 \cdot \left\{ \frac{E^*(\theta)/D^*(\theta)}{1.43 \times 10^3 - E^*(\theta)/D^*(\theta)} \right\}^{0.8542} \right] \cdot \frac{u_*^3}{g} \cos(\theta - \theta_\omega) D^*(\theta)$$

$$f(\gamma) = 0.8572\gamma^{0.0426}$$

ここに、 f_m :ピーク周波数、 u_* :摩擦速度、 θ_ω :風向、 $D(\theta)$:方向分布関数であり、' * 'は理想発達条件を意味する。

なお、うねり成分の伝播・減衰がエネルギー平衡方程式により記述されることと、順風減衰段階及び逆風減衰段階の成分波の減衰率はそれぞれ非線形干渉を考慮しない場合及びする場合の成分波の発達率により近似されるとして、うねり成分に関する支配方程式を別途定式化して用いている。

出典: 山口ら:波の方向性を考慮した新しいパラメータ波浪推算モデルの適用性、海岸工学講演会論文集、第35回、pp.227~231、1988

3-2. パラメータ波浪推算モデルの検証

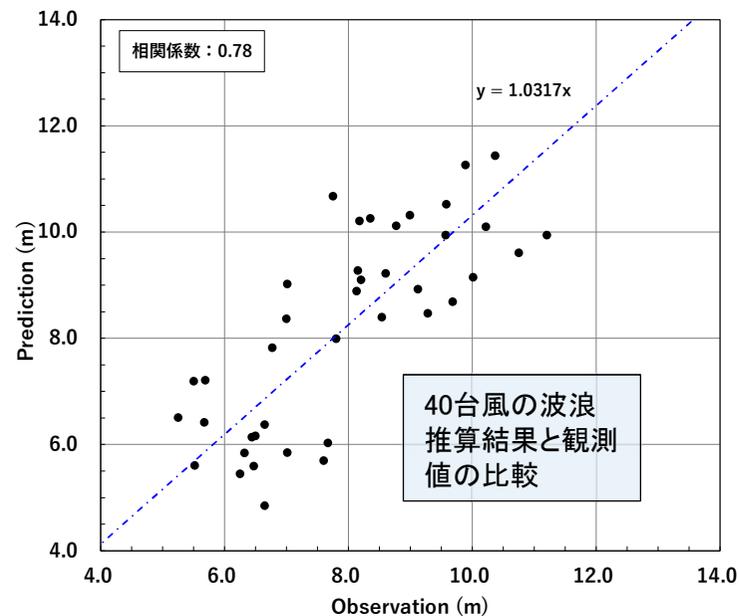


パラメータ波浪推算モデル(DOLPHIN-Iモデル)の検証

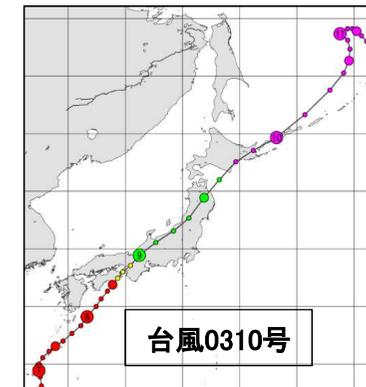
- 検証は波浪観測が行われている潮岬地点で行った。波の入射範囲をE方向から時計回りにW方向までとし、計算測線を26測線として線上に計算ポイントを設定した。計算は最大で沖合1500km地点までとし、5km間隔で計算を行った。風場は台風モデルにより与え、台風トラックのデータベースを用いて、中心位置及び中心気圧を時系列で与え、潮岬地点での波浪を時系列で求めた。
- 40台風の計算を行い、最大波高を比較した結果をみると、再現性は十分に確保できているものと判断できる。



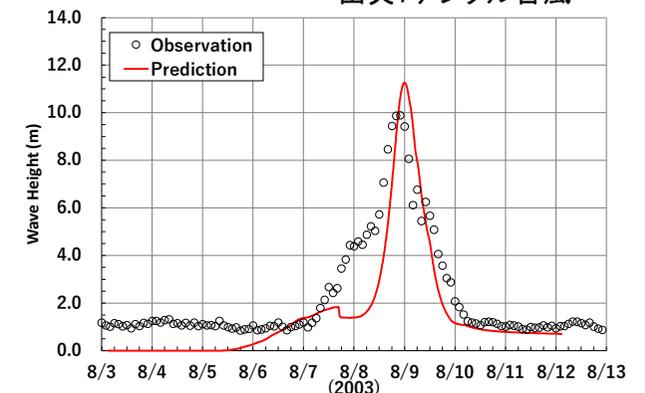
■ 波向線上の波浪計算格子網(串本)



■ 擾乱期間内最大波高の比較



出典: デジタル台風



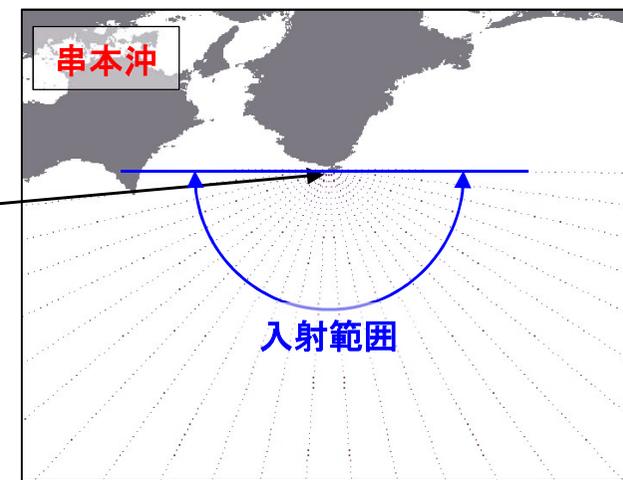
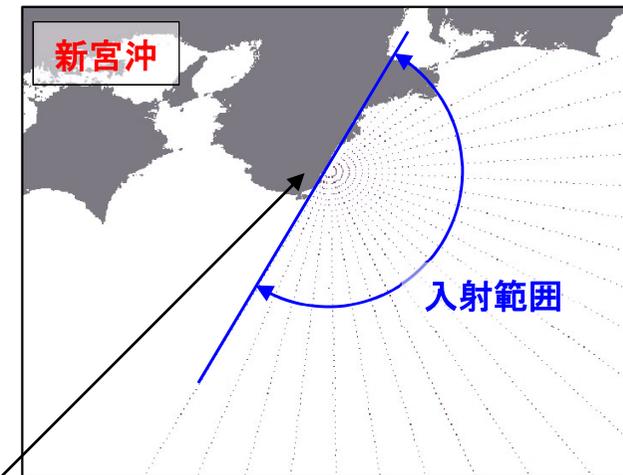
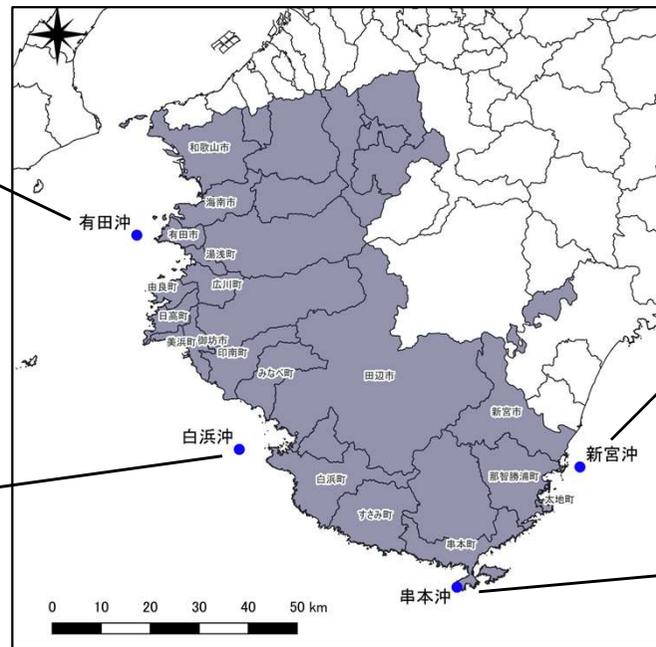
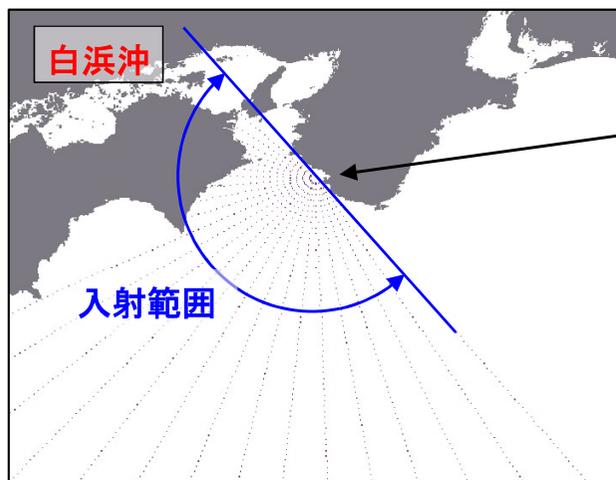
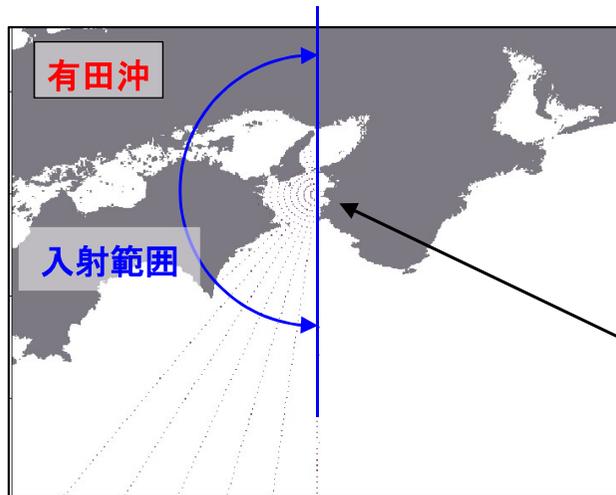
■ 波高の時系列比較

3-3. パラメータ波浪推算モデルによる推算地点



パラメータ波浪推算モデル(DOLPHIN-Iモデル)による推算地点

- 推算地点は串本を含め、沖波波浪が設定されている有田沖、白浜沖、新宮沖の4地点とした。

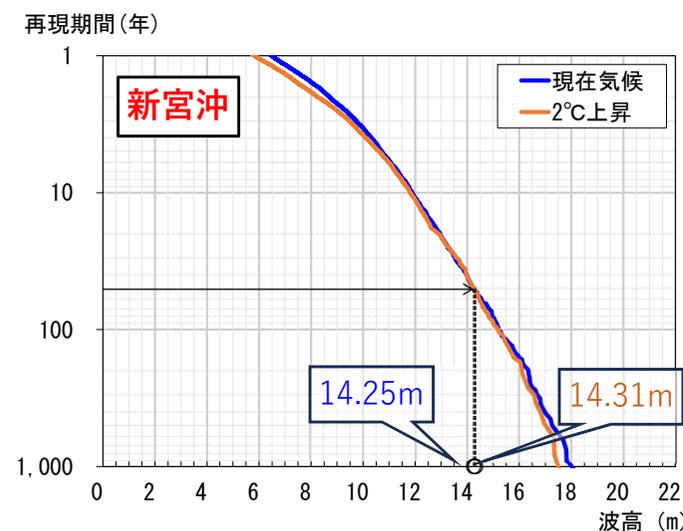
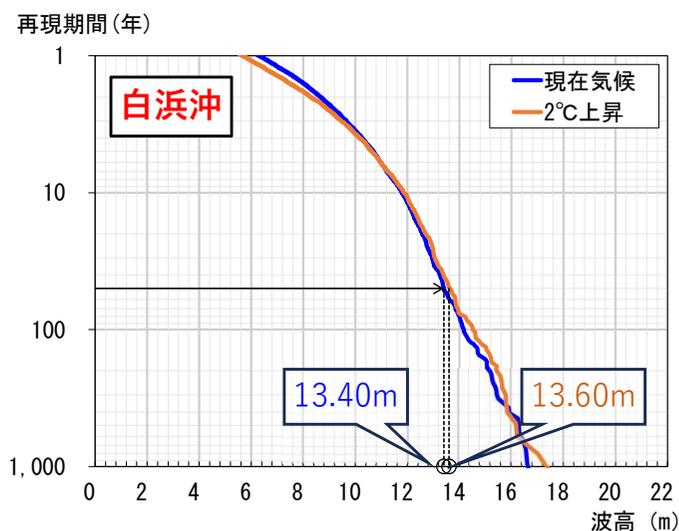
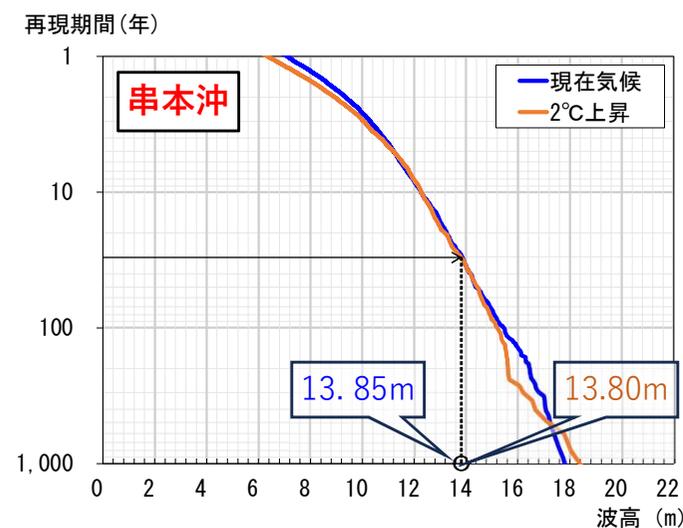
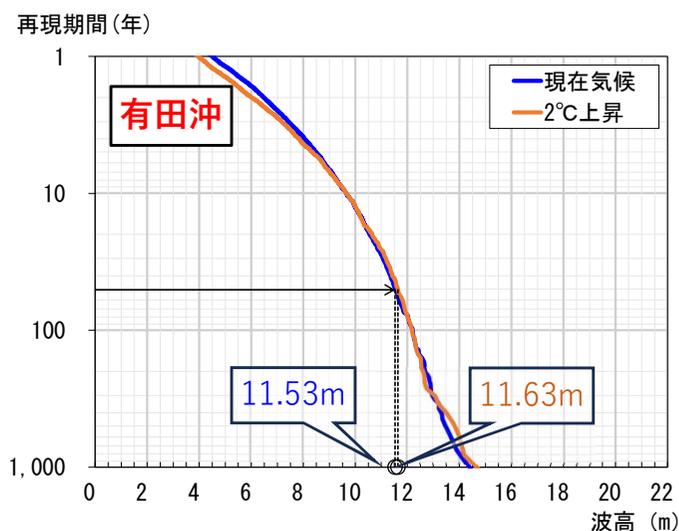


3-4. 極値統計計算による確率波高の計算結果



確率波高の計算結果

- 全トラックデータを対象とした波高の推算結果を用い、超過確率および再現期間を求めた。その結果を下記に示す。



■ 再現期間の分布図



3-5. 将来の波高増大量の算出結果

将来の波高増大量の算出結果

- 将来の波高増大量(50年確率波高)をまとめた結果を下記に示す。
- 想定台風解析による将来の変化率(1.02~1.03)と比較すると大きな乖離は無いと考えられ、また、和歌山県沿岸における既往の検討結果(「港湾における気候変動適応策の実装方針(国土交通省港湾局 令和6年3月)」)を併記しているが、ほぼ同等の値となっていることから、**想定台風解析の変化率を用いて将来の外力を算出することは妥当である**と判断できる。

■ 将来の波高増大量(50年確率波高)の算出結果

	現在気候	2°C上昇	変化率	実装方針 変化率※
有田沖	11.53m	11.63m	1.01	1.00
白浜沖	13.40m	13.60m	1.01	
串本沖	13.85m	13.80m	1.00	
新宮沖	14.25m	14.31m	1.00	

※:「港湾における気候変動適応策の実装方針(国土交通省港湾局 令和6年3月)」

4. 防護水準の検討



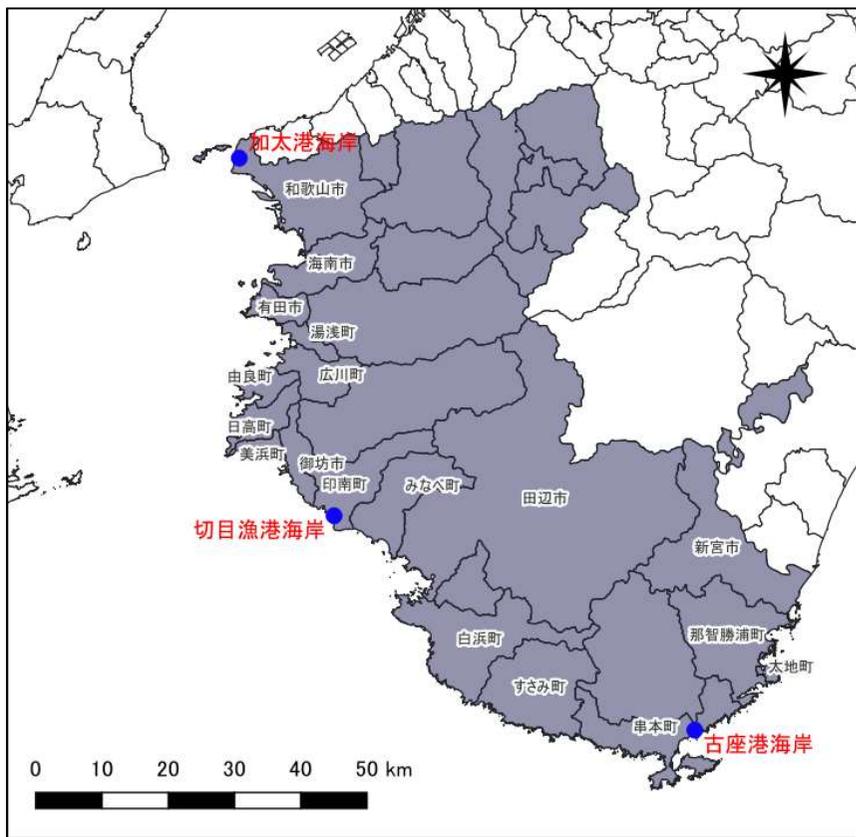


4-1. 防護水準の検討箇所

- 防護水準の検討箇所は下記に示す3箇所とした。代表海岸として選定した個所については、いずれも背後に住宅地等があり、また、前浜が狭い海岸となっている。
- 外力条件を下記の表に示す。なお、沖波波浪については加太港海岸、古座港海岸は50年確率波浪、切目漁港海岸は30年確率波浪を用いている。

代表海岸 → 紀北:加太港海岸 紀中:切目漁港海岸 紀南:古座港海岸

地図出典：「国土地理院電子地図」に加筆



■ 代表海岸の位置

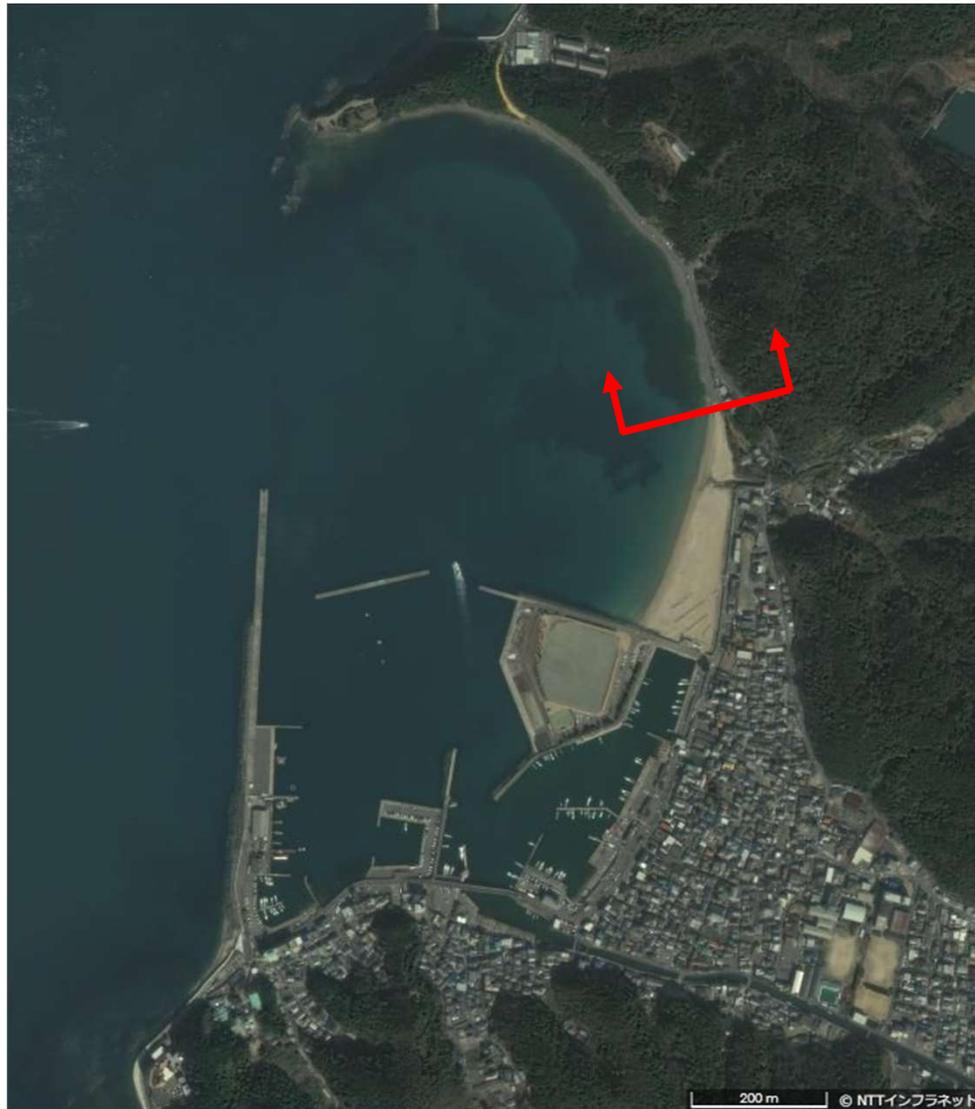
■ 現行外力

海岸名	施設天端高	設計高潮位	沖波波高	周期
加太港海岸	T.P.+5.48m	T.P.+2.40m	11.2m (SSW)	13.5s
切目漁港海岸	T.P.+9.9m	T.P.+2.00m	10.1m (SSW)	16.1s
古座港海岸	T.P.+6.8m	T.P.+1.53m	12.0m (SE)	13.0s

4-2. 代表海岸の詳細箇所と標準断面図(1)

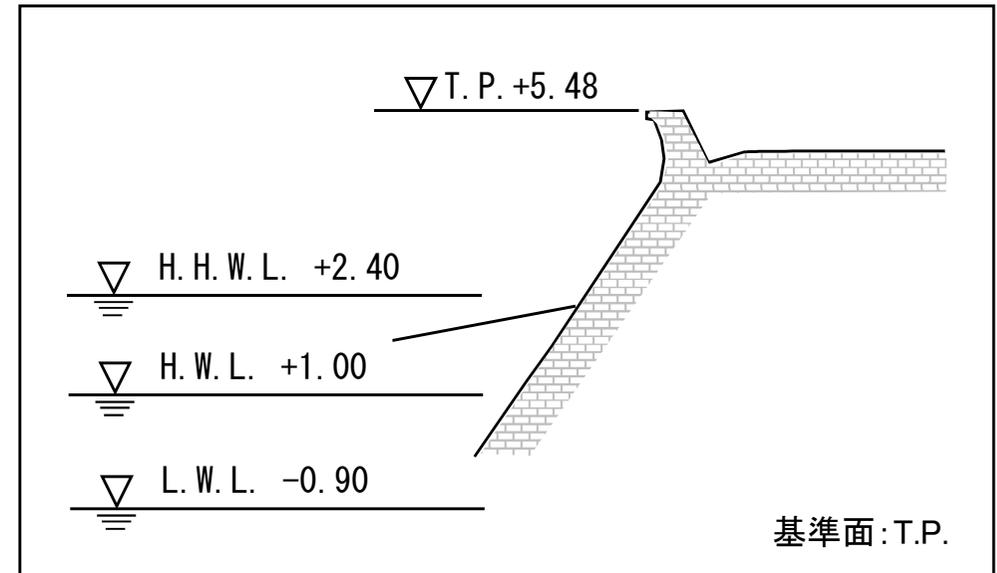


■ 加太港海岸 深山加太地区



出典：「Copyright(c)NTT インフラネットAI | Rights Reserved」

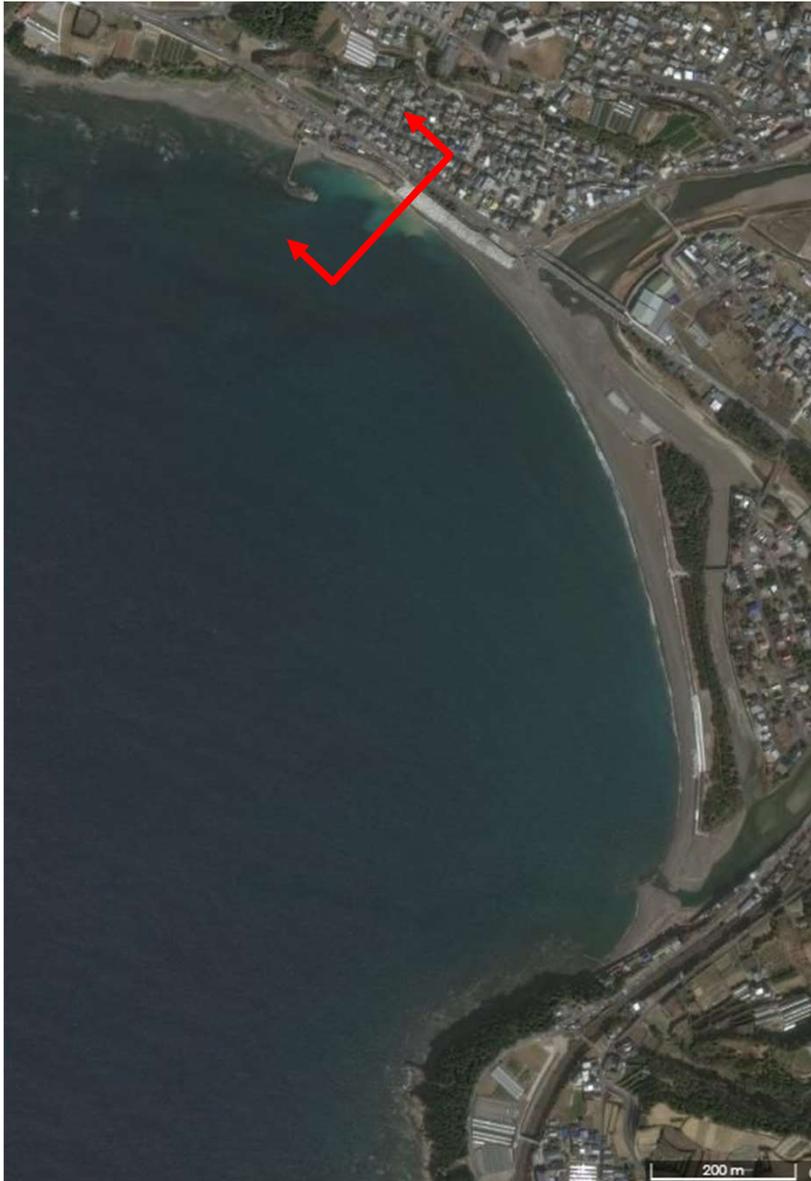
■ 標準断面図



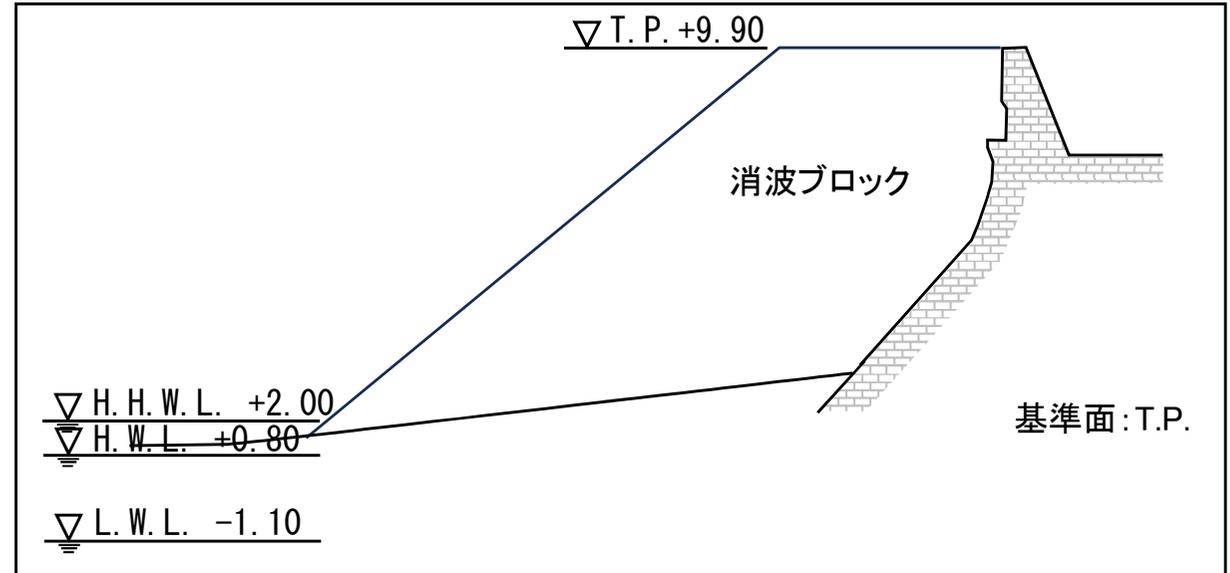
4-3. 代表海岸の詳細箇所と代表断面(2)



■ 切目漁港海岸 切目地区



■ 標準断面図



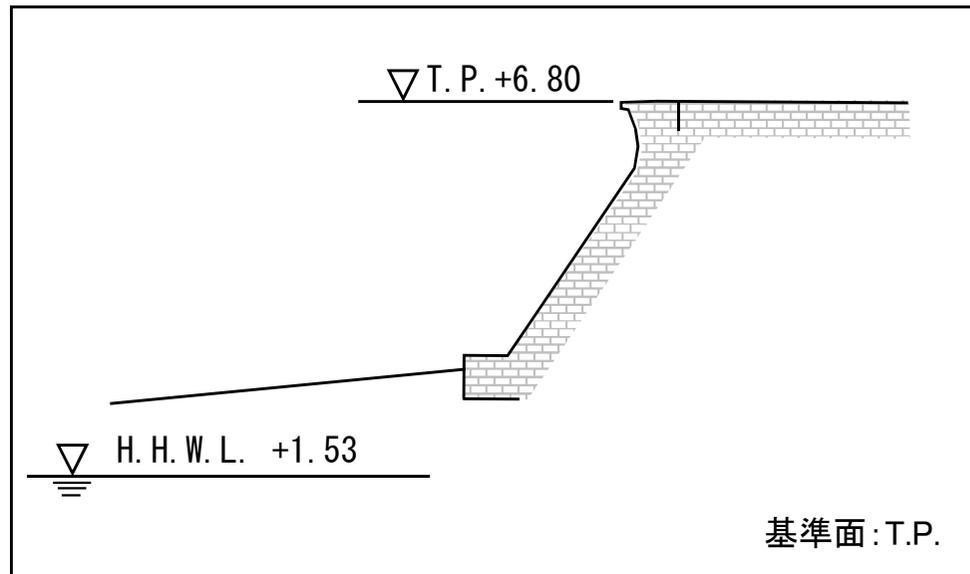
4-4. 代表海岸の詳細箇所と代表断面(3)



■ 古座港海岸 西向地区



■ 標準断面図



出典: 「Copyright(c)NTT インフラネットAI | Rights Reserved」



4-5. 越波流量の算定方法

・ 防護性能を評価するにあたって、越波流量もしくは打ち上げ高による算定を基本とする。なお、越波流量の算定は種々の方法が示されている。検討にあたっては地形条件を踏まえて適切な方法を選択して実施する。下記にIFORMの概要を示す。

- ① 合田による越波流量推定図(直立護岸, 消波ブロック被覆護岸)
- ② 間瀬らによる越波流量算定式(IFORM)

(IFORMの概要)

打上げ・越波統合算定モデルIFORMで用いられる越波流量算定式は、以下のように表現される。

$$q^* = q / \sqrt{gH_o'^3}$$

$$q^* = C \left[\Gamma \left(\frac{R_{max}}{H_o'} \right)^{3/2} \left\{ 1 - \left(\frac{R_c}{H_o'} \right) / \left(\frac{R_{max}}{H_o'} \right) \right\}^\Omega \right] \quad (for \ 0 \leq R_c \leq R_{max})$$

$$q^* = 0 \quad (for \ R_{max} \leq R_c)$$

$$C = 1 \quad (for \ cot \alpha \geq 2)$$

$$C = 0.25 \cot \alpha + 0.5 \quad (for \ 0 \leq \cot \alpha < 2)$$

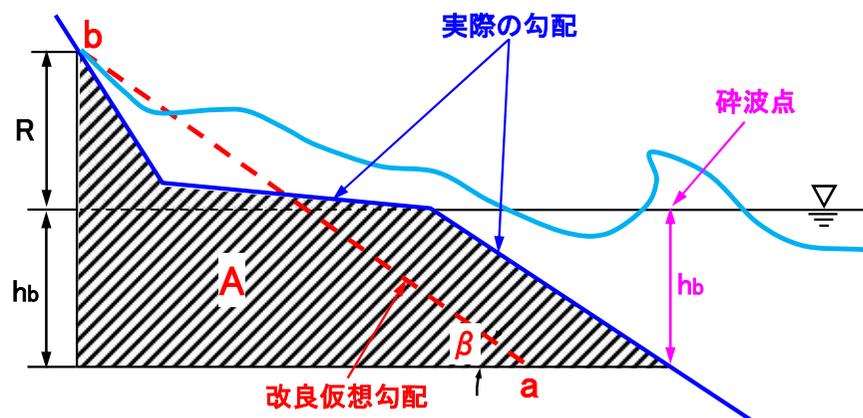
R_{max} , 2%最大打上げ高 $R_{2\%}$ は以下の式で与えられる。

$$(R_{max})_{99\%,100} = 2.15R_s = 1.54R_{2\%}$$

$$R_{2\%}/H_o' = 2.99 - 2.73 \times \exp \left(-0.57 \times \tan \beta / \sqrt{H_o'/L_o} \right)$$

$$\tan \beta = \frac{(h_b + R_{2\%})^2}{2A}$$

ここで、 $\tan \beta$ は波の打上げ及び碎波位置 (h_b : 碎波水深) 間の実断面面積 A から求まる仮想勾配であり、中村らによる改良仮想勾配法(後述)と同様の考えで決定される。なお、 Γ , Ω については別途定義される定数である。



仮想勾配の算定法

4-6. 各手法による設計高潮位を用いた必要嵩上げ高の比較

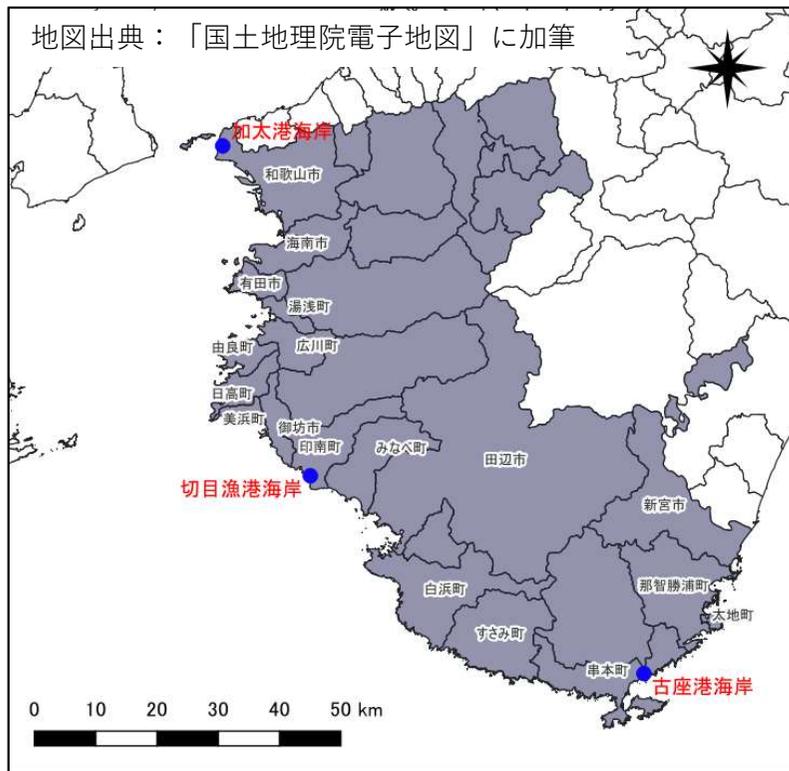


- 2°C上昇シナリオに基づいた将来の設計高潮位の設定において、潮位偏差の取り扱いについては下記の4通りの手法で検討を行っており、その値を用いて代表海岸において防護水準の検討を行う。

手法1: 既往最高潮位から朔望平均満潮位(現在気候)を差し引いた値を気候変動前の潮位偏差とする

手法2: ①既往最大潮位偏差を採用する、②50年確率潮位偏差を採用する、③80年確率潮位偏差を採用する

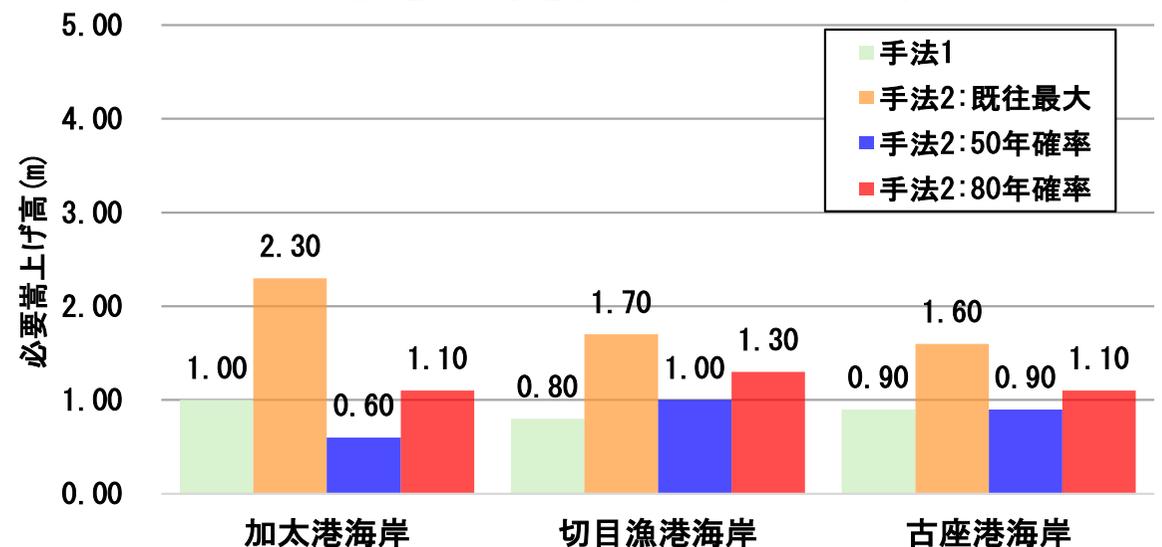
- 各外力の設定手法別に必要天端高を計算し、現在気候の外力において必要な天端高に対して、将来の必要な嵩上げ高を求め、比較を行った。その結果、手法2の80年確率潮位偏差のケースでは必要嵩上げ高は1.1~1.3mとなっており、既往最大潮位偏差を用いる場合を除いて、防護水準は他の手法に比べて安全側となっており、**将来の設計高潮位の設定に用いる潮位偏差として80年確率を用いることは妥当と判断できる。**



■ 代表海岸の位置

2°C上昇シナリオ

外力設定手法別必要嵩上げ高 (2°C上昇シナリオ)

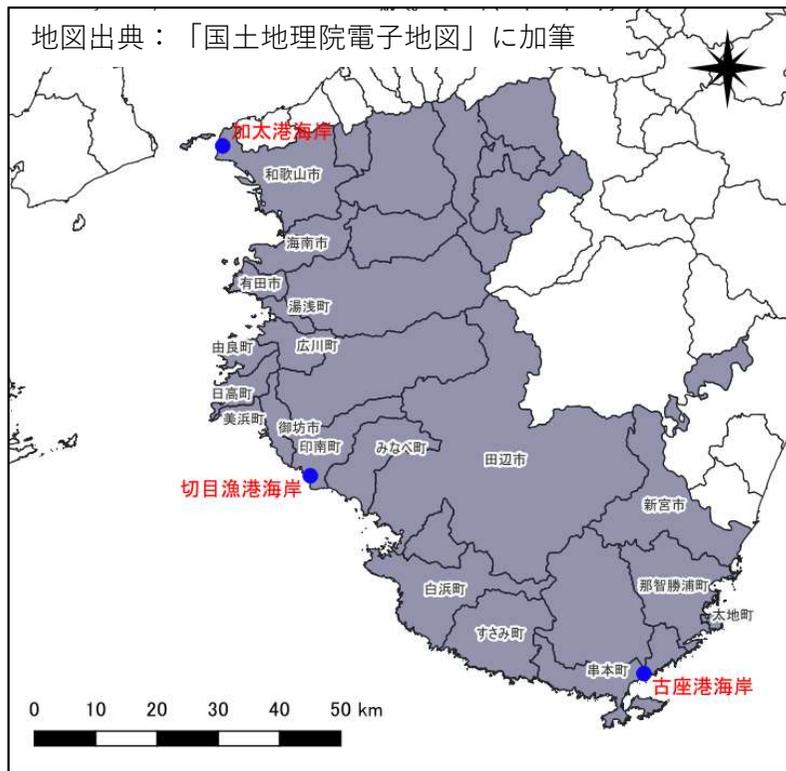


■ 外力設定手法別必要嵩上げ高(試算)

4-7. 各手法による設計高潮位を用いた必要嵩上げ高の比較

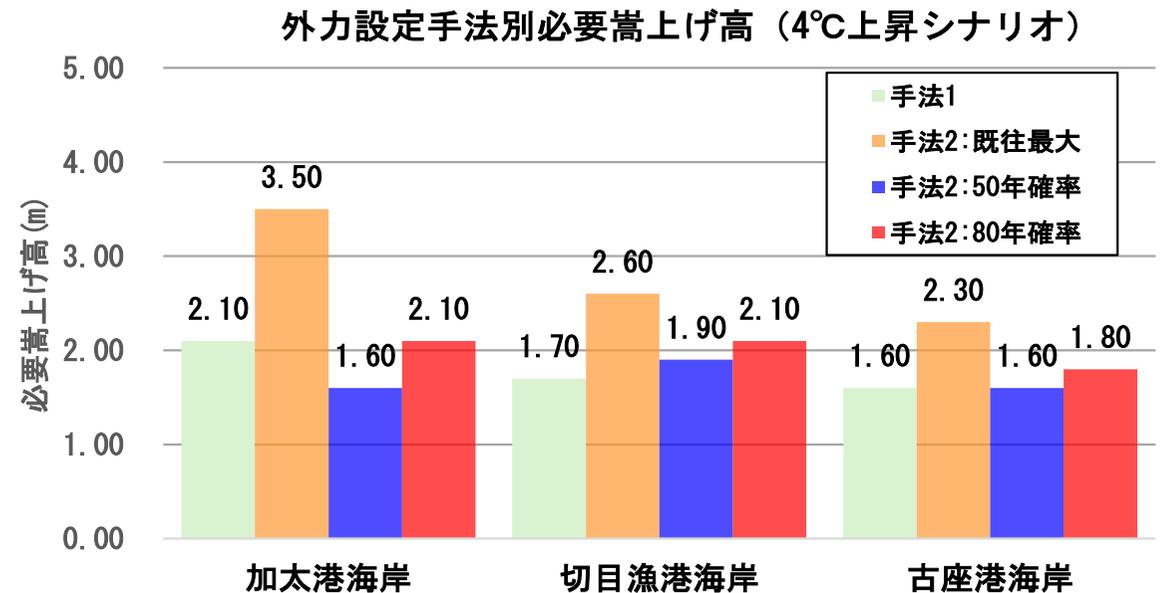


- 4°C上昇シナリオについても2°C上昇シナリオと同様に、各外力の設定手法別の必要天端高を計算し、現在気候の外力において必要な天端高に対して、将来の必要な嵩上げ高を求め、比較を行った。
- その結果、手法2の80年確率潮位偏差のケースでは必要嵩上げ高は 1.8~2.1mとなっており、**2°C上昇シナリオの同ケースと比較すると、0.7~1.0mさらに嵩上げ高が増大する結果**となっている。
- 2°C上昇シナリオと4°C上昇シナリオの差については、海岸保全施設の技術上の基準・同解説に記載されている堤防の余裕高最大1m程度以下となっていることから、『**防護水準は2°C上昇シナリオとし、4°C上昇シナリオへのリスクについては余裕高1mにより対応**』する。



■ 代表海岸の位置

4°C上昇シナリオ



■ 外力設定手法別必要嵩上げ高(試算)

5. 将来の設計外力(津波)

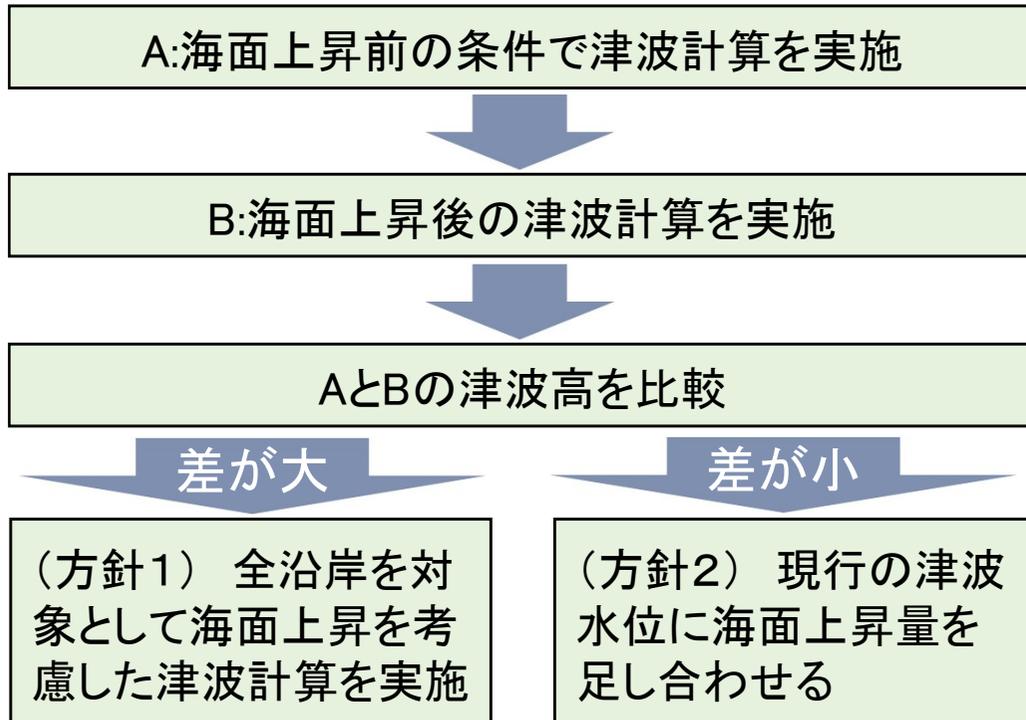


5-1. 津波高の検討方針

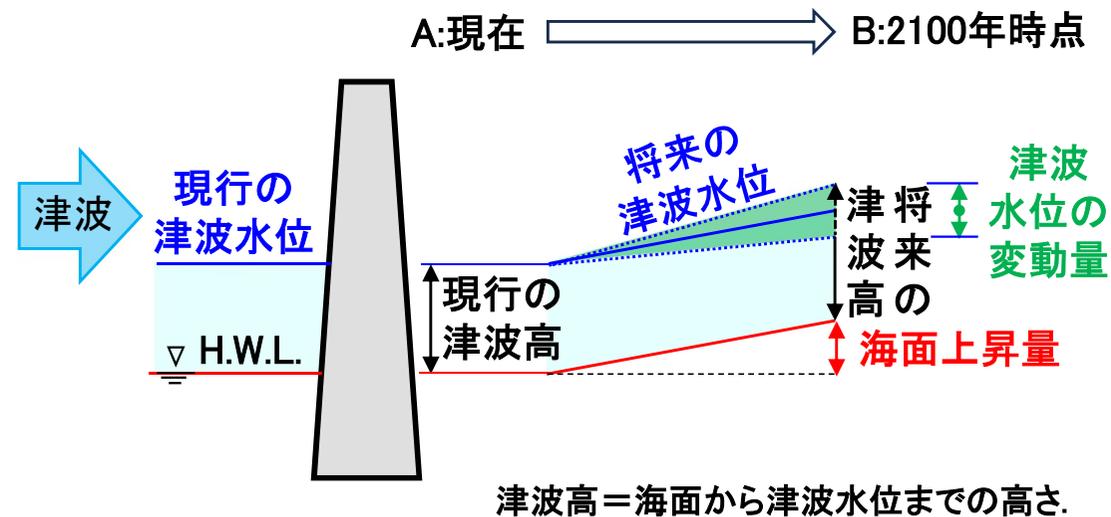


津波高の検討方針

- 現行の海岸保全基本計画は、『津波による浸水被害の防護については、約90年～150年周期と発生頻度が高く、今世紀前半に発生する可能性が極めて高いと言われている、「東海・東南海・南海3連動地震」による津波に対して防護する』ことを目標としていることから、今回の海岸保全基本計画の変更でも、3連動地震発生時における最大津波水位を対象として検討を進める。
- 代表海岸において、海面上昇前の現行の潮位条件での津波計算と将来の海面上昇量を加味した潮位条件で津波計算を実施し、それぞれの津波の高さを比較する。その検討結果を踏まえ、気候変動による津波高への影響を把握する。
- なお、現行の海岸保全基本計画では、『当面は津波避難困難地域を解消するための対策及び経済被害を抑え早期の復旧・復興に繋げるための対策を進める』としており、その方針を引き続き堅持するものとする。



【気候変動に伴う津波高の変化のイメージ】



5-2. 津波計算モデルの構築



津波計算の計算手法・計算条件の設定

- ・ 計算手法は基本的に「津波浸水想定の設定の手引きVer.2.11」(2023年4月)に準拠する。
- ・ 計算条件は、下記の表に示す。

■ 計算手法・計算条件

設定項目		設定条件 本検討	設定条件 現行計画
計算手法	基礎式	非線形長波理論式	左記同様
	差分スキーム	・空間差分:スタガード格子法 ・時間差分:リーブ・フロッグ法	左記同様
	打ち切り水深	津波先端部で1cm程度	左記同様
計算条件	計算領域	地震発生源より評価対象の海岸・陸域まで	左記同様
	計算格子間隔	2430m→810m→270m→90m→30m→10m	左記同様
	計算領域	ネスティング接続で6領域	左記同様
	地形データ	現行のL1津波水位を算出時に使用された地形と同様	左記同様
	対象とする断層モデル(L1)	・東海・東南海・南海3連動地震 (海岸保全基本計画において防護目標として設定されている断層モデル)	左記同様
	隆起量、沈降量の考慮	・海域・河川域:隆起、沈降とも考慮する ・陸域:完全反射条件のため沈降・隆起ともに考慮しない	左記同様

5-3. 津波計算モデルの構築



津波計算の計算手法・計算条件の設定

- 計算手法は基本的に「津波浸水想定の設定の手引きVer.2.11」(2023年4月)に準拠する。
- 計算条件は、下記の表に示す。

■ 計算手法・計算条件

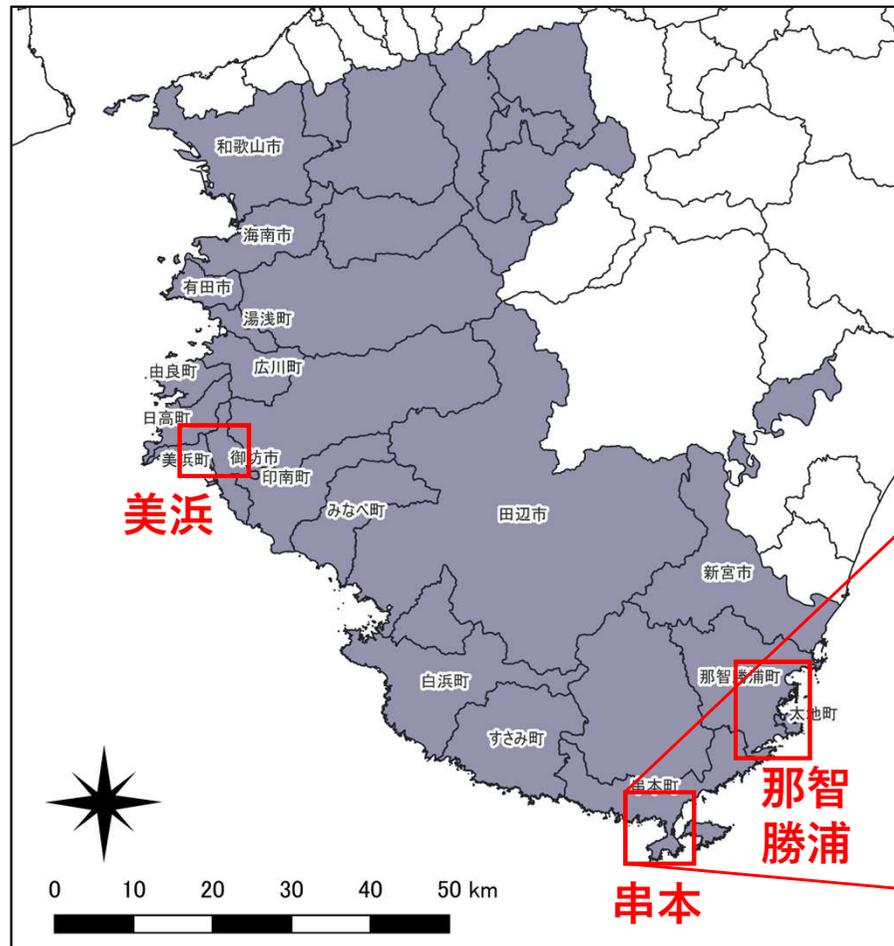
設定項目		設定条件 本検討	設定条件 現行計画
計算 条件	液状化による 堤防沈下量	完全反射条件のため、考慮しない	左記同様
	津波による 堤防破堤	完全反射条件のため、破堤しない	左記同様
	初期潮位	・再現計算：現行のL1津波水位を算出時に使用されている値(朔望平均満潮位 T.P.+1.00m)を設定 ・気候変動による影響を確認するための計算：上記の使用値に0.39mを加算	朔望平均満潮位 T.P.+1.00m
	計算時間間隔	C.F.L条件に基づき設定	左記同様
	計算時間	12時間を基本とする	左記同様
	沖側境界条件	完全無反射で通過するものと仮定する	左記同様
	陸域境界条件	完全反射条件(壁立て条件)とする	左記同様
	粗度係数	現行のL1津波水位を算出時に使用された値と同様 (海域/水域:0.025、その他個別設定)	左記同様

5-4. 設計津波の再現計算(東海・東南海・南海 3連動)

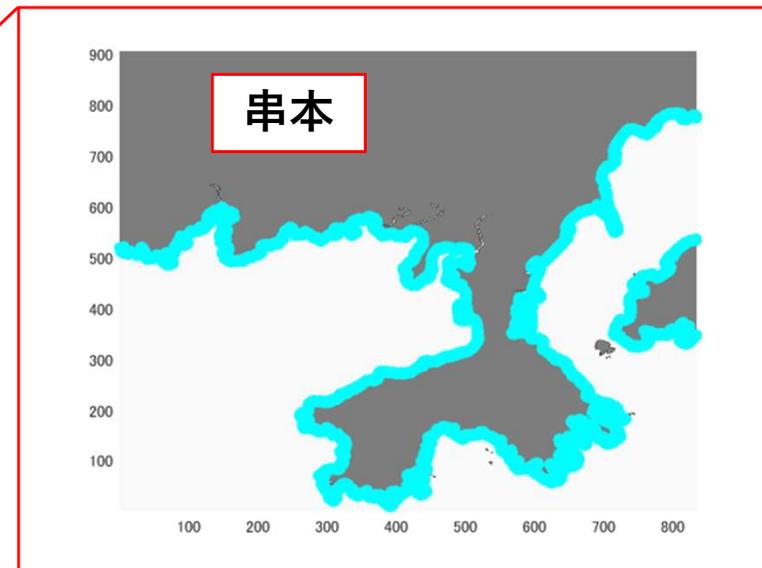


設計津波の再現計算

- 津波の計算モデルの妥当性を検証するために、平成25年度に実施された「東海・東南海・南海 3連動」を対象とした津波の計算結果との比較を行った。
- 再現計算の対象領域は、下記に示す美浜領域、串本領域、那智勝浦領域とし、沿岸方向に抽出地点を設定し、津波水位の比較を行った。参考として串本領域における抽出地点を下記に示す。



■ 串本領域の抽出点



* ○の地点で抽出

5-5. 設計津波の再現計算(東海・東南海・南海 3連動)



設計津波の再現計算結果

- 東海・東南海・南海 3連動を対象に津波の再現計算を実施した結果を以下に示す。
- 再現性を確認するために、「津波浸水想定の設定の手引き」に記載の相田指標を用いて評価し、再現性を確認した。いずれの領域とも許容範囲内に収まっていることから、津波計算モデルの計算結果は妥当であると判断できる。

相田指標の式

$$\log K = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log K_i \quad \log \kappa = \left[\frac{1}{n} \left\{ \sum_{i=1}^n (\log K_i)^2 - n(\log K)^2 \right\} \right]^{1/2}$$

なお、 K と κ は、次の条件となること、一般的には目安とされている¹⁷。

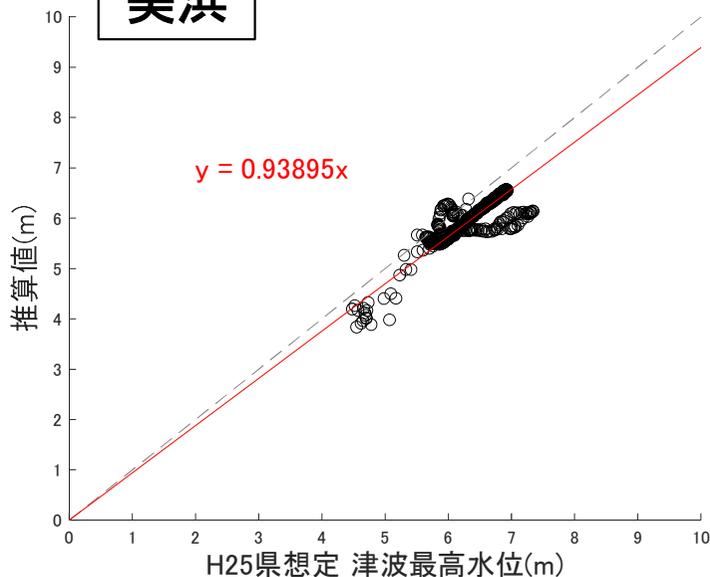
$$0.95 < K < 1.05 \quad \kappa < 1.45$$

出典:「津波浸水想定の設定の手引きVer.2.11」p25、p26

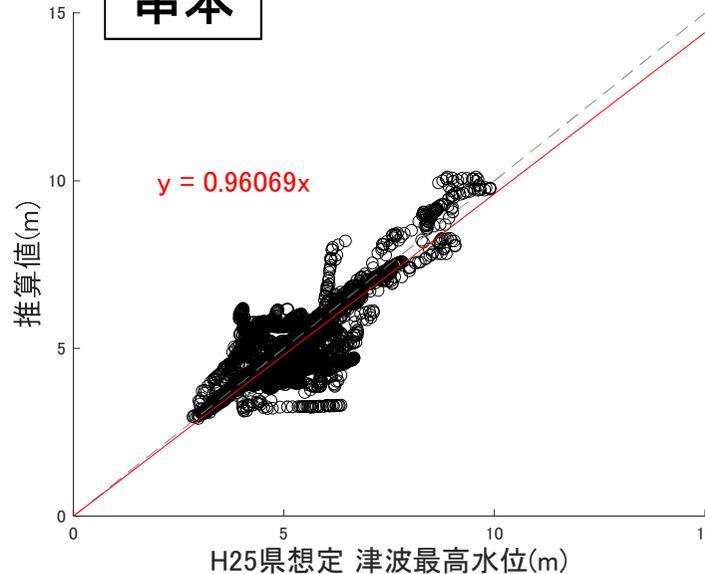
相田指標の式を用いた再現性の評価結果

領域	地点数	幾何平均K	幾何標準偏差 κ	判定
美浜	597	1.0498	1.0009	許容範囲内
串本	4886	1.0341	1.0098	許容範囲内
那智勝浦	4844	1.0096	1.0009	許容範囲内

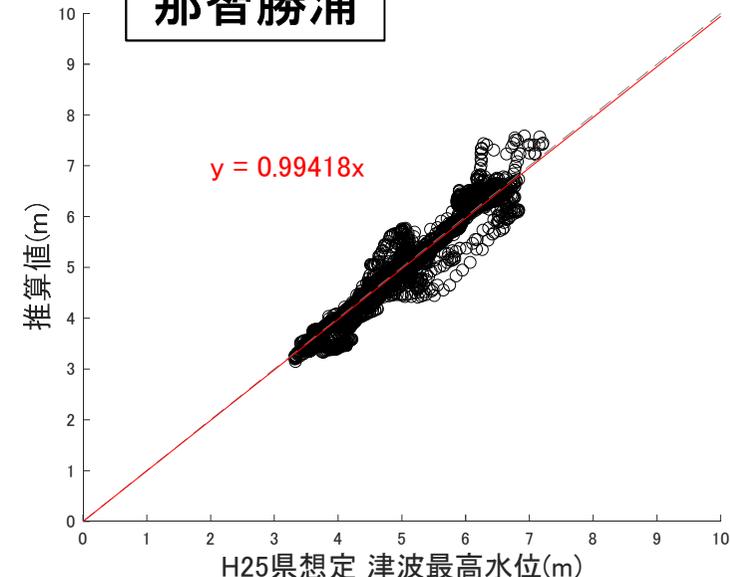
美浜



串本



那智勝浦

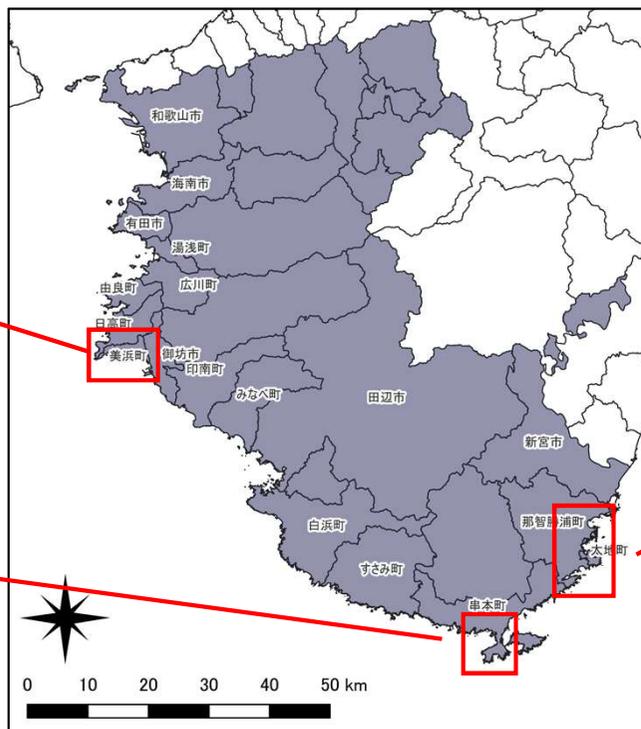
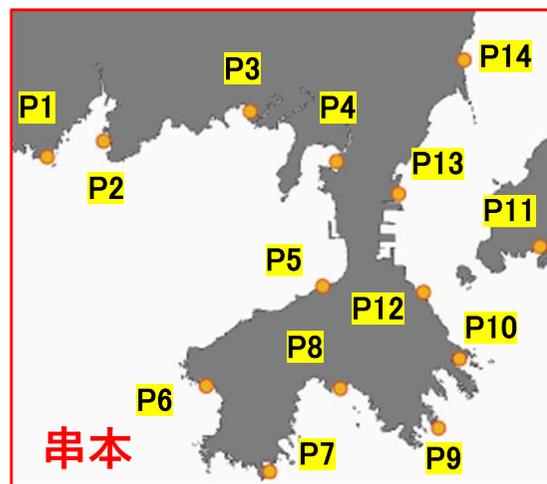
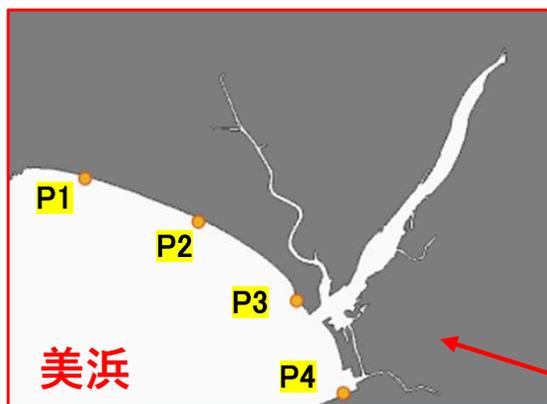


5-6. 将来の設計津波の取扱いについて

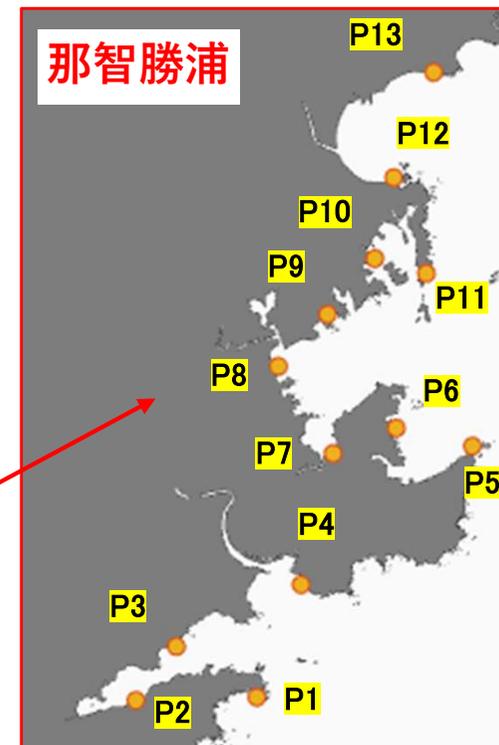


気候変動を考慮した最大津波水位の抽出地点

- 検討箇所は、紀中側で津波水位の高い美浜領域、紀南側で津波水位が高く、地形形状が複雑な串本領域、那智勝浦領域の3領域において実施した。
- 2°C上昇シナリオの海面上昇量39cm分を初期水位に足し合わせ、現在気候と将来気候の**最大津波水位**について、下記に示す抽出地点で比較を行った。



地図出典：「国土地理院電子地図」に加筆



* ● 地点で抽出

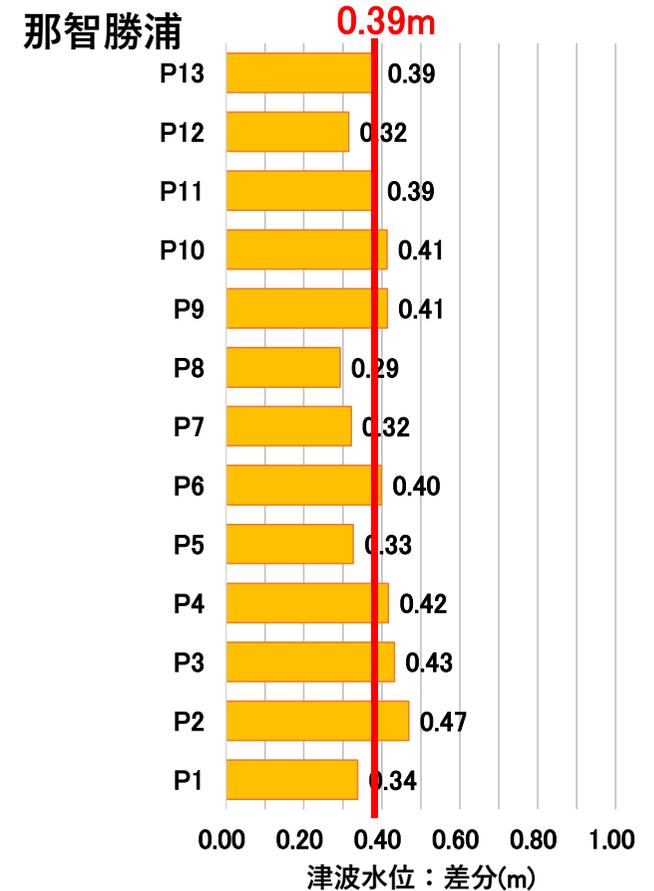
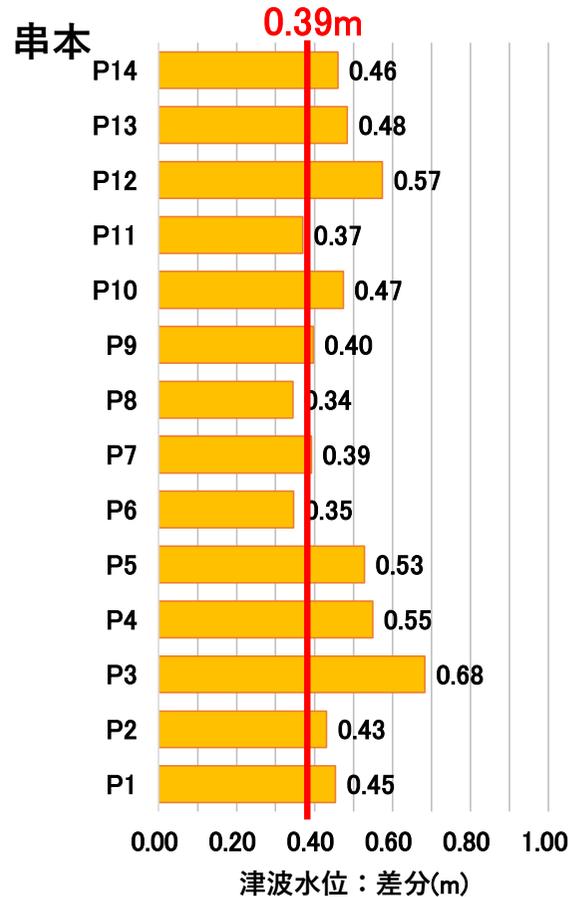
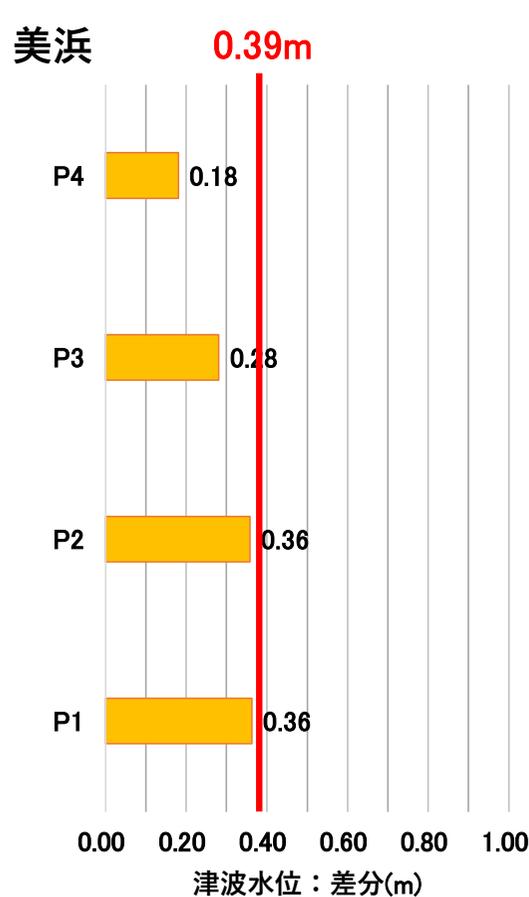
■ 津波水位の抽出地点

5-7. 将来の設計津波の取扱いについて



気候変動を考慮した最大津波水位の算出結果

- 海面上昇量の 39cm を考慮した津波水位と現在気候の津波水位の差分をみると、紀中の美浜領域では、いずれの地点においても 39cm よりも若干小さくなっている。一方、紀南側の地形形状が複雑な串本領域、那智勝浦領域では海面上昇量の 39cm よりも大きくなっている地点がある。
- そのため、将来気候の設計津波の設定にあたっては、現行の設計津波に単純に海面上昇量を足し合わせるできない領域があることが確認できたことから、地形形状等の特性を踏まえ、他の領域についても同様の計算を実施して、設計津波を設定することとする。



■ (将来気候－現在気候) 最大津波水位の差分

6. 第2回技術検討委員会のまとめ



第2回技術検討委員会のまとめ(1)



①将来の潮位偏差の設定(想定台風解析)

- d4PDFを用いた将来の台風の気圧低下を考慮して高潮推算を実施し、**現在気候に対する将来の増加量(差分値)を比較**した。その結果、和歌山沿岸に最も影響を与えた伊勢湾台風、第二室戸台風においては、**伊勢湾台風では2°C上昇シナリオが 2~7cm(変化率1.01~1.05)に対して4°C上昇シナリオが 4~13cm(変化率1.04~1.10)、第二室戸台風では2°C上昇シナリオが 1~14cm(変化率1.03~1.08)に対して4°C上昇シナリオが 4~29cm(変化率1.09~1.17)となった。**

②将来の設計高潮位の設定

- 将来の設計高潮位は下記の式で設定することになるが、和歌山県沿岸では設計高潮位は(1)の既往最高潮位を基本としているため、その場合の潮位偏差は下記の2通りの設定が考えられる。

将来の設計高潮位 = (天文潮位成分 + 平均海面水位の上昇量) + 将来の潮位偏差

- (1) 既往最高潮位から朔望平均満潮位を差し引いた値を気候変動前の潮位偏差とし、その潮位偏差に気候変動による影響を見込む → 潮位偏差 = 既往最高潮位 - 朔望平均満潮位
 - (2) 既往最高潮位を記録した台風通過時において発生した最大潮位偏差を気候変動前の潮位偏差とし、その潮位偏差に気候変動による影響を見込む
- 本検討においては、**手法(2)については既往最高潮位記録時の最大潮位偏差の再現期間が極端に大きいことが想定されることから、50年確率潮位偏差、80年確率潮位偏差を用いた場合についても検討を行った。**
 - 手法(1)については、採用する潮位偏差が50年確率規模を下回り、将来の設計高潮位を過小に見積もる可能性がある。また、手法(2)の既往最大潮位偏差を採用した場合は、現行に比べて設計高潮位が非常に高くなり、今後現実的な対策を講じていくことは困難であり、手法(2)の50年確率規模の潮位偏差を採用した場合は和歌山では現行の既往最高潮位よりも低い値となった。



②将来の設計高潮位の設定（つづき）

- 現行の設計高潮位から朔望平均満潮位を差し引いた値は、80年確率潮位偏差を若干下回る値となっている。そのため、朔望平均満潮位に80年確率の値を足し合わせた潮位は現行の設計高潮位に比べ過小とはならないことから、**将来の設計高潮位の設定に用いる潮位偏差は80年確率の値を用いる**こととする。

③将来の設計波浪の設定(想定台風解析)

- d4PDFを用いた将来の台風の気圧低下を考慮し、波浪推算を実施した。伊勢湾台風についてみると、最大波高の増大量は2°C上昇シナリオでは最大39cm、4°C上昇シナリオでは最大87cmとなった。また、第二室戸台風では、最大波高の差分は2°C上昇シナリオでは最大53cm、4°C上昇シナリオでは最大113cmとなった。
- **港湾における現行の設計波高**について、気候変動の影響を考慮した将来の設計波高を算出した。その結果、波高の増大量をみると2°C上昇シナリオでは15~34cm、4°C上昇シナリオでは29~67cmとなった。また、**変化率で比較すると2°Cが1.02~1.03に対して4°Cは1.04~1.06**となった。

④将来の設計外力(不特定多数の台風解析)

- 不特定多数の台風解析による将来の波高増大量についてみると、想定台風解析による将来の変化率(1.02~1.03)と比較すると大きな乖離は無いと考えられる。また、和歌山県沿岸における既往の検討結果(「港湾における気候変動適応策の実装方針(国土交通省港湾局 令和6年3月)」)とほぼ同等の値となっていることから、**想定台風解析の変化率を用いて将来の外力を算出することは妥当である**と判断できる。

④防護水準の検討

- 手法2の80年確率潮位偏差のケースでは必要嵩上げ高は1.1~1.3mとなっており、既往最大潮位偏差を用いた場合を除いて、防護水準は他の手法に比べて安全側となっており、**将来の設計高潮位の設定に用いる潮位偏差として80年確率を用いることは妥当**と判断できる。



④防護水準の検討 (つづき)

- 4°C上昇シナリオについても将来の必要な嵩上げ高を求め、比較を行った。その結果、手法2の80年確率潮位偏差のケースでは必要嵩上げ高は1.8~2.1mとなっており、2°C上昇シナリオの同ケースと比較すると、0.7~1.0mさらに嵩上げ高が増大する結果となっている。
- 2°C上昇シナリオと4°C上昇シナリオの差については、海岸保全施設の技術上の基準・同解説に記載されている堤防の余裕高最大1m程度以下となっていることから、『防護水準は2°C上昇シナリオとし、4°C上昇シナリオへのリスクについては余裕高1mにより対応』する。

⑤将来の設計外力(津波)

- 海面上昇量の39cmを考慮した津波水位と現在気候の津波水位の差分をみると、紀中の美浜領域では、いずれの地点においても39cmよりも若干小さくなっている。一方、紀南側の地形形状が複雑な串本領域、那智勝浦領域では海面上昇量の39cmよりも大きくなっている地点がある。
- そのため、将来気候の設計津波の設定にあたっては、現行の設計津波に単純に海面上昇量を足し合わせるができない領域があることが確認できたことから、地形形状等の特性を踏まえ、他の領域についても同様の計算を実施して、設計津波を設定することとする。